

# الحاسب والذكاء الاصطناعي



مى طلبه د. جمال عبد المعطى د. علاء الدين محمد فهمى  
عبد الوهاب ا. د. السيد نصر الدين مصطفى جاد الحق محمد  
أمين فهمى شكرى د. محمد سعيد عبد الوهاب

١٠

مجموعة كتب دلتا 



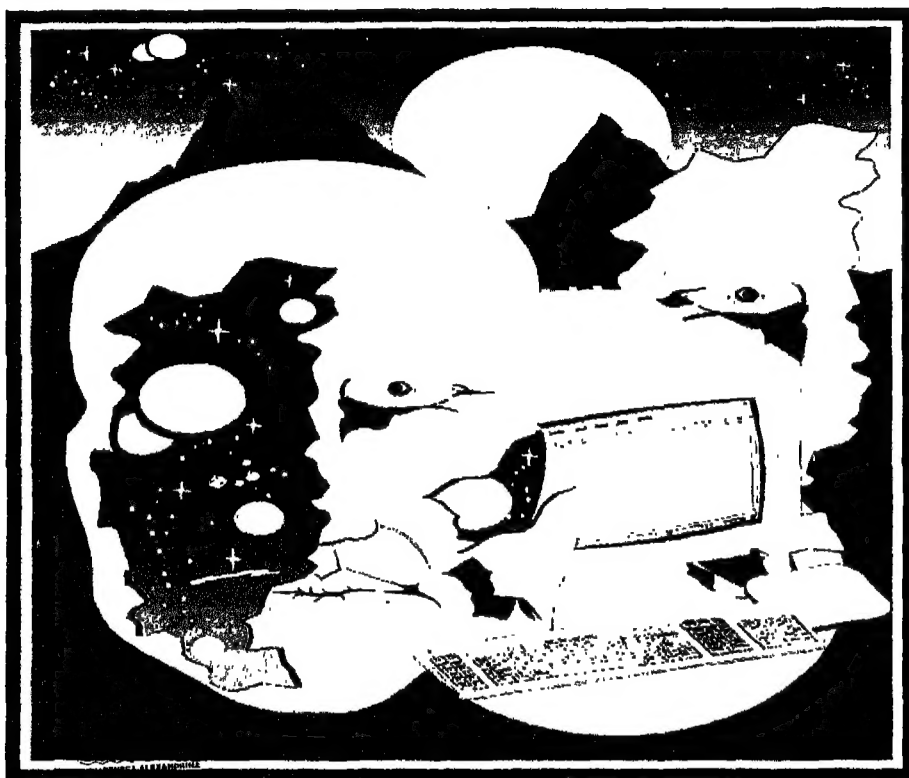


# **الحاسب والذكاء الاصطناعي**





# الحاسب والذكاء الاصطناعي



ا.د. محمد فهمي طلبه    د. جمال عبد المعطي    د. علاء الدين محمد فهمي  
م. مصطفى رضا عبد الوهاب    ا.د. السيد نصر الدين    مصطفى جاد الحق محمد  
د. أمين فهمي شكري    د. محمد سعيد عبد الوهاب

رقم الإيداع ٩٤/٤٠٤٠



© حقوق النشر

لا يجوز نشر أى جزء من هذا الكتاب أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع ، أو نقله على أى وجه ، أو بأى طريقة ، سواء كانت إلكترونية ، أو ميكانيكية ، أو بالتصوير ، أو بالتسجيل ، أو خلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقدمًا .

All Rights Reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior permission of the publisher.

# تقديم

لن نكون مباغين إذا قلنا أن علم الذكاء الاصطناعي سيحول الحاسبات من مجرد أداة مفيدة إلى معدة أساسية ذات قيمة كبيرة في حياتنا العملية. وحتى يمكن إستيعاب هذه الحقيقة فللقارئ أن يتخيل أنه ركب آلة الزمن ووصل بها إلى أحد السنوات بعد عام ٢٠٠٠ ليجد نفسه جالسا في حجرته على مكتبه وعلى يمينه الحاسب الآلى الخاص به وهو لايعرف التعامل معه ولم يتدرب على ذلك ومع هذا فإنه يتعامل معه من خلال الميكروفيون أو لوحة المفاتيح مستخدما لغته الطبيعية ( العربية أو الإنجليزية أو ... الخ ) في سؤال الحاسب عن أى أسئلة مرتبطة بعمله أو أسئلة أخرى عامة تاريخية أو جغرافية ... سياسية أو إقتصادية .. الخ ويتم تعامله مع الحاسب بنفس اللغة والاسلوب الذى يتعامل به مع الشخص العادى فيقوم الحاسب بفهم وإستيعاب السؤال والرد عليه وربما قبل ذلك يدور حوار بينه وبين الحاسب عن تفاصيل وإستفسارات متعلقة بالسؤال الذى طرحه عليه بنفس الكيفية التى يدور بها حوار بينه وبين شخص ما عندما يطلب الاجابة عن سؤال أو إستفسار. وعلى الجانب الآخر من الحجرة أو على نفس المكتب يوجد جهاز تليفون متصل بالحاسب الآلى حيث يقوم القارئ بإجراء إتصال هاتفى لليابان مثلا ثم يقوم بالتحدث باللغة العربية فيقوم الحاسب باستقبال الكلام وفهمه ثم ترجمته إلى اليابانية ثم يتم تخليق الكلام المناظر باللغة اليابانية فى نفس التو واللحظة حتى يسمعها المتحدث بالطرف الآخر من الخط ليقوم بالرد بلغته اليابانية فيقوم الحاسب بترجمتها للعربية وهكذا يمكن أن يدور الحوار بين الطرفين ويكون الحاسب هو الوسيط المترجم. كما يوجد فى الحجرة إنسان آلى مبرمج ليقوم ببعض أعمال الصيانة بالإضافة إلى أعمال السكرتارية. هذا بالإضافة إلى عشرات الصور التى يمكن التنبؤ بها والتى من خلالها يقوم الحاسب بمحاكاة ذكاء الانسان وقدراته بالإضافة إلى بعض خبراته.

ونعود مرة أخرى إلى واقعنا الحالى ونسأل ... هل يمكن تحويل تلك الصور إلى واقع حقيقى ؟ فتكون الإجابة أن هذه القضية هى موضوع هذا الكتاب حيث يجيب فى صفحاته على الثلاثة أسئلة الآتية : ماهو الذكاء الاصطناعي ؟ كيف يمكن أن يستخدم ؟ وماهو تأثيره على حياتنا العملية ؟ ومما لاشك فيه أن الطريق ليس ممهدا وأنه لازالت العديد من القضايا تحت البحث ولم يتم التوصل بعد إلى حلول لها إلا أن هناك البعض الآخر من القضايا حسمت وخرجت إلى واقع التطبيق العملى.

ويتكون هذا الكتاب من خمسة أجزاء حيث يقدم الجزء الأول نظرة عامة على الذكاء الاصطناعي يشمل مختلف التعريفات التى وضعت له بواسطة العلماء المتخصصين كما يوضح هذا الجزء الفروق الأساسية بين الحاسب ومخ الإنسان مع شرح أهم العناصر التى يتميز بها كل

منهما عن الآخر هذا بالإضافة إلى أهم مجالات تطبيق الذكاء الاصطناعي والتي تشمل النظم الخبيرة ومعالجة اللغات الحية والتعرف على الكلام المنطوق والرؤية بالحاسب والبرمجة للإنسان الآلى.

ويعالج الجزء الثانى " هندسة المعرفة " عملية إكتساب المعرفة وأنواع المعرفة ومصادرها ومصاعب إكتسابها هذا بالإضافة إلى المهارات المطلوبة لمهندس المعرفة والأدوات المساعدة المستخدمة فى إكتساب المعرفة. كما يناقش هذا الجزء طرق تمثيل المعرفة. هذا بالإضافة إلى الاستدلال والشرح فى نظم الذكاء الاصطناعي كما يوضح أنواع الإستنتاج كما يوضح مفهوم عدم المصادقية وطرق تمثيل عدم الثقة وكذلك طرق معالجة عدم الثقة مع الإشارة إلى بعض النظريات المستخدمة.

أما الجزء الثالث فيتكون من ثلاثة فصول يناقش أولها تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي والنماذج المختلفة لعملية التنفيذ ثم توضح الفصول التالية لغة ليسب ( LISP ) ولغة برولوج ( PROLOG ) كنموذجين لبعض لغات البرمجة والأدوات المستخدمة فى بناء نظم الذكاء الاصطناعي.

ويتكون الجزء الرابع " النظم الخبيرة " من هذا الكتاب من ثلاثة فصول حيث يلقى الفصل الأول نظرة عامة على النظم الخبيرة تشمل المقومات الأساسية لها والعناصر الأساسية اللازمة لبناء نظام خبير والخصائص الرئيسية له والفروق الأساسية بين النظام الخبير والبرامج النمطية والأنشطة الأساسية للنظم الخبيرة وأهم مجالات تطبيقها هذا بالإضافة إلى تقديم بعض الأمثلة للنظم الخبيرة فى مجالات مختلفة تشمل الطب والهندسة والزراعة والجيولوجيا والإلكترونيات والفيزياء والمجالات الحربية.

أما الجزء الخامس فيعالج موضوع الشبكات العصبية الاصطناعية حيث يبدأ بتوضيح الفرق بين الشبكات العصبية الطبيعية والشبكات العصبية الاصطناعية. ويناقش مكونات وطرق معالجتها للمعلومات هذا بالإضافة إلى المكونات المادية والبرمجية لهذه الشبكات. كما يوضح فوائد الشبكات العصبية الاصطناعية وتطبيقاتها فى مجال بناء النظم الخبيرة واللغات الحية والرؤية بالحاسب والإنسان الآلى والتعرف على أنماط الكتابة ونظم المساندة فى إتخاذ القرار. ويناقش هذا الجزء أيضا معمارية الشبكة العصبية والطرق المختلفة لتعليمها بالإضافة إلى بعض التطبيقات العملية لهذه الشبكات مع توضيح الإتجاهات المستقبلية وعلاقتها بتطوير نظم الحاسب فى المستقبل.

لقد كان استخدام الحاسبات طوال الأربعين سنة الماضية - هى العمر الحقيقى للحاسبات - مفيدا للمتخصصين المدربين على التعامل معها فى مختلف المجالات أما حاسبات المستقبل -

من خلال تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي - فسوف تتمتع بالذكاء الكافي كي يتعامل معها غير المدربين وفي مجالات عديدة تفوق كل التصورات الحالية. ومن هذا المنطلق فإن كتابنا هذا يعتبر خطوة تجاد تفهم هذه الحقائق.

والله الموفق،،،

**أ . د . محمد فهمي طلبة**



## محتويات الكتاب

مستسل	الموضوع	رقم الصفحة
	<b>الجزء الأول " الذكاء الاصطناعي "</b>	٢١
مقدمة		٢٣
	<b>الفصل الأول " نظرة عامة "</b>	٢٥
١ - ١	ماهو الذكاء الاصطناعي	٢٧
١ - ٢	تعريف الذكاء الاصطناعي	٢٧
١ - ٣	مايؤديه الحاسب أفضل من الانسان	٢٩
١ - ٤	مايؤديه الانسان أفضل من الحاسب	٣٠
١ - ٥	المعالجة المرمزة ( Symbolic Processing )	٣١
١ - ٦	الحس ( Heuristics )	٣١
١ - ٧	مضاهاة الصور ( Pattern Matching )	٣٢
١ - ٨	الاستدلال ( Inferencing )	٣٣
١ - ٩	الحاسب والمخ البشرى	٣٣
١ - ١٠	أهمية الذكاء الاصطناعي	٣٤
١ - ١١	البيانات والمعلومات والمعارف	٣٦
١ - ١٢	الذكاء الاصطناعي والتكنولوجيا	٣٨
١ - ١٣	المجالات الأساسية للذكاء الاصطناعي	٣٩
١ - ١٣ - ١	النظم الخبيرة ( Expert Systems (ES)	٣٩
١ - ١٣ - ٢	معالجة اللغات الحية ( Natural Language Processing )	٤١
١ - ١٣ - ٣	التعرف على الكلام ( Speech Recognition )	٤٢
١ - ١٣ - ٤	الرؤية بالحاسب ( Computer Vision )	٤٢
١ - ١٣ - ٥	البرمجة الآلية ( Automatic Programming )	٤٢
١ - ١٣ - ٦	الإنسان الآلى ( Robot )	٤٣
١ - ١٤	حاسبات الجيل الخامس	٤٤
	<b>الفصل الثانى " تمثيل المشاكل ووسائل حلها "</b>	٤٧

سلسل	الموضوع	رقم الصفحة
٢ - ٢	أسلوب الإنسان في حل المشكلة	٥١
٣ - ٣	حل المشكلة باستخدام نظم الذكاء الاصطناعي	٥٣
٤ - ٢	تمثيل المشكلة في الذكاء الاصطناعي	٥٦
٥ - ٢	طرق البحث العشوائي ( الأعمى )	٥٨
٦ - ٢	طرق الحدس	٥٩
٧ - ٢	مثال لعملية بحث	٦٢

## الجزء الثاني " هندسة المعرفة ( Knowledge Engineering ) " ----- ٦٥

### مقدمة ----- ٦٧

### الفصل الثالث " إكتساب المعرفة ( Knowledge Acquisition and Validation ) " ----- ٦٩

١ - ٣	هندسة المعرفة ( Knowledge Engineering )	٧١
١ - ١ - ٣	عملية هندسة المعرفة	٧٢
٢ - ١ - ٣	مجال المعرفة ( Scope of Knowledge )	٧٣
٣ - ١ - ٣	مصادر المعرفة ( Sources of Knowledge )	٧٣
٤ - ١ - ٣	مستويات المعرفة ( Levels of Knowledge )	٧٤
٥ - ١ - ٣	أصناف المعرفة ( Categoris of Knowledge )	٧٦
٢ - ٣	مصاعب إكتساب المعرفة	٧٧
١ - ٢ - ٣	المشاكل المصاحبة لنقل المعرفة	٧٧
٢ - ٢ - ٣	التغلب على المصاعب المصاحبة لنقل المعرفة	٧٩
٣ - ٣	المهارات المطلوبة لمهندسى المعرفة	٧٩
٤ - ٣	خطوات إكتساب المعرفة	٨٠
٥ - ٣	نظرة عامة على طرق إكتساب المعرفة	٨٢
٦ - ٣	المقابلات ( Interviews )	٨٣
١ - ٦ - ٣	المقابلات غير المبنية ( Unstructured Interviews )	٨٤
٢ - ٦ - ٣	المقابلات المبنية ( Structured Interviews )	٨٥
٧ - ٣	طريقة التتبع ( Tracking Method )	٨٦
٨ - ٣	الملاحظات ( Oscrations )	٨٦
٩ - ٣	طرق يدوية أخرى	٨٧
١٠ - ٣	الطرق المعتمدة على الخبير	٨٨
١ - ١٠ - ٣	الطريقة اليدوية " التقرير الشخصى للخبير "	٨٨



مسلل	الموضوع	رقم الصفحة
٣ - ١٠ - ٢	طرق الإكتساب بمعاونة الحاسب	٨٩
٣ - ١١	دعم مهندس المعرفة	٨٩
٣ - ١١ - ١	الأدوات المساعدة لاكتساب المعرفة	٩١
٣ - ١١ - ٢	الأدوات المساعدة المتكاملة	٩١
٣ - ١٢	الإستقراء ( Induction )	٩٢
٣ - ١٣	إختيار الطريقة المناسبة	٩٤
٣ - ١٤	تحقيق وتدقيق قاعدة المعرفة	٩٦
٣ - ١٥	إكتساب المعرفة العددية والوثائقية	٩٧
الفصل الرابع " تمثيل المعرفة " ( Knowledge Representation )		
٤ - ١	مقدمة	٩٩
٤ - ٢	التمثيل المنطقي ( Representation in Logic )	١٠١
٤ - ٣	الشبكات الدلالية ( Semantic Networks )	١٠٥
٤ - ٤	القوائم والأشجار ( Lists and Trees )	١١٠
٤ - ٥	قواعد الإنتاج ( Production Rules )	١١٢
٤ - ٦	الأطر أو الهياكل ( Frames )	١١٥
الفصل الخامس " الاستدلال والشرح " ( Inference and Explanation )		
٥ - ١	مقدمة	١٢٣
٥ - ٢	فئات الإستنتاج ( Categories of Reasoning )	١٢٤
٥ - ٢ - ١	الإستنتاج الإستنباطي ( Deductive Reasoning )	١٢٤
٥ - ٢ - ٢	الإستنتاج الإستقرائي ( Inductive Reasoning )	١٢٤
٥ - ٢ - ٣	الإستنتاج التناظري ( Analogical Reasoning )	١٢٥
٥ - ٣	التسلسل المتقدم ( Forward Chaining )	١٢٦
٥ - ٤	التسلسل الراجع ( Backward Chaining )	١٣٣
٥ - ٥	مقارنة التسلسل المتقدم مقابل التسلسل الراجع	١٣٧
٥ - ٦	شجرة الإستدلال ( The Inference Tree )	١٣٨
٥ - ٧	الشرح ( Explanation )	١٤٠

مسلل	الموضوع	رقم الصفحة
	الفصل السادس " عدم الصدافية ( Uncertainty ) "	١٤٣
١ - ٦	مقدمة	١٤٥
٢ - ٦	طرق معالجة عدم الثقة	١٤٥
٣ - ٦	تمثيل عدم الثقة ( Representation of Uncertainty )	١٤٨
١ - ٣ - ٦	التمثيل العددي ( Numeric Representation )	١٤٨
٢ - ٣ - ٦	التمثيل الجرافيكي ( Graphic Representation )	١٤٩
٣ - ٣ - ٦	التمثيل الرمزي ( Symbolic Representation )	١٥٠
٤ - ٦	الإحتمالات ونظرية بايزيان ( Probabilities and Bayesian Approach )	١٥١
٥ - ٦	نظرية الدليل لديمبستر وشيفر	١٥٣
٦ - ٦	معاملات الثقة ( Certainty Factors )	١٥٣
١ - ٦ - ٦	ضم عدد من معاملات الثقة في قاعدة واحدة	١٥٤
٢ - ٦ - ٦	ضم قاعدتين أو أكثر	١٥٥
٧ - ٦	منطق فازی ( Fuzzy Logic )	١٥٦

## الجزء الثالث " تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي وأدوات بنائها " ١٥٩

١٦١	مقدمة
-----	-------

## الفصل السابع " تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي ( Implementing AI Systems ) ١٦٥

١٠ - ٧	مقدمة
٢ - ٧	مقاييس نجاح وفشل عملية التنفيذ
٣ - ٧	نماذج لعمليات التنفيذ
١ - ٣ - ٧	عوامل فنية ( Technical Factors )
٢ - ٣ - ٧	عوامل سلوكية ( Behavioral Factors )
٣ - ٣ - ٧	إشراك المستخدم وتدريبه
٤ - ٣ - ٧	البيئة الخارجية ( External Environment )
٥ - ٣ - ٧	عوامل خاصة بالمشروع
٤ - ٧	مثال لأحد التراكيب التنظيمية لنظم الذكاء الاصطناعي

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	الفصل الثامن " لغة ليسب ( LISP ) "	١٧٥
٨ - ١	نبذة تاريخية	١٧٧
٨ - ٢	مفردات لغة ليسب ( LIST Vocabulary )	١٧٨
٨ - ٢ - ١	طبيعة اللغة	١٧٨
٨ - ٢ - ٢	تركيب البرنامج ( Program Structure )	١٧٩
٨ - ٢ - ٣	العمليات الرياضية	١٨١
٨ - ٢ - ٤	العمليات على القوائم ( List Operations )	١٨٣
٨ - ٢ - ٥	دوال التقييم والدوال المعرفة بواسطة المستخدم	١٩٠
٨ - ٢ - ٦	الدوال الشرطية ( Conditional Function )	١٩٣
٨ - ٢ - ٧	الإستدعاء الذاتي ( Recursion )	١٩٧
	الفصل التاسع " لغة برولوج ( PROLOG ) "	١٩٩
٩ - ١	كيفية الاعلان عن الحقائق والسؤال عنها	٢٠٢
٩ - ١ - ١	الثوابت والمتغيرات	٢٠٤
٩ - ١ - ٢	التراكيب ( Structures )	٢٠٥
٩ - ٢	البحث الراجع ( Backtracking )	٢٠٦
٩ - ٣	اضافة القواعد الى قاعدة البيانات	٢٠٨
٩ - ٤	العمليات الرياضية ( Arithmetic Operations )	٢١١
٩ - ٥	القوائم ( Lists )	٢١٢
٩ - ٦	معامل القطع للبحث الراجع	٢١٣
٩ - ٧	كتابة البرامج	٢١٤
	<b>الجزء الرابع " النظم الخبيزة "</b>	٢٢١
	مقدمة	٢٢٣
	الفصل العاشر " نظرة عامة على النظم الخبيزة "	٢٢٥
١٠ - ١	نبذة تاريخية	٢٢٧
١٠ - ٢	هندسة المعرفة ( Knowledge Engineering )	٢٢٨

مسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
١٠ - ٣	المقومات الأساسية للنظم الخبيرة	٢٢٩
١٠ - ٤	العناصر الأساسية فى بناء النظام الخبير	٢٣٠
١٠ - ٥	الخصائص الأساسية للنظام الخبير	٢٣٢
١٠ - ٥ - ١	الخبرة ( Expertise )	٢٣٣
١٠ - ٥ - ٢	الإستنتاج المنطقى المرمز	٢٢٤
١٠ - ٥ - ٣	العمق ( Depth )	٢٣٥
١٠ - ٥ - ٤	المعرفة الذاتية ( Self - Knowledge )	٢٣٥
١٠ - ٦	الفروق الأساسية بين النظام الخبير والبرامج النمطية	٢٣٦
١٠ - ٧	الأنشطة الأساسية للنظم الخبيرة	٢٣٦
١٠ - ٨	أهم مجالات التطبيق للنظم الخبيرة	٢٤٢
١٠ - ٩	مثال لنظام خبير أثناء التشغيل	٢٤٨
الفصل الحادى عشر " بناء النظم الخبير ( Building EXpert System ) "----- ٢٥٣		
١١ - ١	المكونات الأساسية للنظام الخبير	٢٥٥
١١ - ٢	مراحل بناء النظام الخبير	٢٥٩
١١ - ٣	المرحلة الأولى : بداية المشروع	٢٦٠
١١ - ٣ - ١	تحديد المشكلة وتقديم المساعدات المطلوبة	٢٦٢
١١ - ٣ - ٢	تقييم الحلول البديلة	٢٦٢
١١ - ٣ - ٣	التحقق من النظام الخبير كحل أمثل	٢٦٣
١١ - ٣ - ٤	بعض الإعتبارات الإدارية	٢٦٨
١١ - ٤	المرحلة الثانية : تحليل وتصميم النظام	٢٦٨
١١ - ٤ - ١	التصميم المفهومى للنظام	٢٦٩
١١ - ٤ - ٢	إستراتيجية تطوير النظام الخبير	٢٦٩
١١ - ٤ - ٣	مصادر المعرفة ( Sources of Knowledge )	٢٦٩
١١ - ٤ - ٤	اختيار الموارد الحاسبية	٢٧٠
١١ - ٤ - ٥	دراسة الجدوى ( Feasibility Study )	٢٧١
١١ - ٤ - ٦	دراسة التكلفة فى ضوء الفوائد المتوقعة	٢٧١
١١ - ٥	المرحلة الثالثة : النموذج المبدئى	٢٧٣
١١ - ٦	المرحلة الرابعة : تطوير النظام	٢٧٥
١١ - ٦ - ١	بناء قاعدة المعرفة	٢٧٦
١١ - ٦ - ٢	اختبار وتحقيق وتصحيح وتحسين النظام	٢٧٧

مسلل	الموضوع	رقم الصفحة
١١ - ٧	المرحلة الخامسة : التنفيذ ( Implementation )	٢٧٨
١١ - ٨	المرحلة السادسة : مابعد التنفيذ ( Post Implementation )	٢٨٠
١١ - ٩	إعداد فريق التطوير	٢٨٢
١١ - ١٠	اختيار أداة بناء النظام الخبير	٢٨٣
١١ - ١١	إكتساب المعرفة من الخبراء	٢٨٦
١١ - ١٢	البحث عن خبير المجال	٢٨٨
١١ - ١٣	مساعدات إكتساب المعرفة	٢٨٩
١١ - ١٤	مثال لسيناريو بناء النظام الخبير	٢٩١

## الفصل الثاني عشر " أمثلة عملية للنظم الخبيرة " ----- ٣٠١

١٢ - ١	بعض النظم الخبيرة فى مجال الطب	٣٠٣
١٢ - ٢	بعض النظم الخبيرة فى مجال الهندسة	٣١٠
١٢ - ٣	بعض النظم الخبيرة فى مجال الزراعة	٣١٢
١٢ - ٤	بعض النظم الخبيرة فى مجال الجيولوجيا	٣١٢
١٢ - ٥	بعض النظم الخبيرة فى مجال الصناعة	٣١٤
١٢ - ٦	بعض النظم الخبيرة فى مجال الإلكترونيات	٣١٥
١٢ - ٧	بعض النظم الخبيرة فى مجال القانون	٣١٧
١٢ - ٨	بعض النظم الخبيرة فى مجال نظم الحاسب	٣١٩
١٢ - ٩	بعض النظم الخبيرة فى مجال الفيزياء	٣٢١
١٢ - ١٠	بعض النظم الخبيرة فى مجال تكنولوجيا الفضاء	٣٢١
١٢ - ١١	بعض النظم الخبيرة فى مجال الكيمياء	٣٢٣
١٢ - ١٢	بعض النظم الخبيرة فى المجال الحربى	٣٢٥

## الجزء الخامس " تقنيات نظم الذكاء الاصطناعى ( AI Technologies ) " ----- ٣٣١

### مقدمة ----- ٣٣٣

## الفصل الثالث عشر " فهم اللغات الحية وطرق معالمتها " ----- ٣٣٥

١٣ - ١	المشاكل المصاحبة لفهم اللغة	٣٣٧
١٣ - ٢	شبكات الإنتقال التكرارى	٣٣٩

مسلل	الموضوع	رقم الصفحة
١٣ - ٣	طرق معالجة اللغات الحية	٣٤٢
١٣ - ٣ - ١	تحليل الكلمة المفتاح ( Key Word Analysis )	٣٤٢
١٣ - ٣ - ٢	التحليل اللفظي ( Semantic Analysis )	٣٤٤
١٣ - ٤	أهمية فهم الحاسب للغة الحية	٣٤٦
١٣ - ٤ - ١	بيئة إتصال بين الحاسب والمستخدم	٣٤٦
١٣ - ٤ - ٢	الإتصال بالنظم الخبيرة	٣٤٧
١٣ - ٤ - ٣	فهم النصوص	٣٤٨
١٣ - ٤ - ٤	الترجمة الآلية	٣٤٨
الفصل الرابع عشر " الرؤية بالحاسب ( Computer Vision ) " ٣٤٩		
١٤ - ١	إكتساب الصورة ( Image Acquisition )	٣٥١
١٤ - ١ - ١	كاميرات الفيديو ( Video Cameras )	٣٥٢
١٤ - ١ - ٢	التحويل من تناظري إلى رقمي	٣٥٥
١٤ - ٢	معالجة الصورة ( Image Processing )	٣٥٨
١٤ - ٢ - ١	مرحلة ما قبل المعالجة ( Proprocessing )	٣٥٨
١٤ - ٢ - ٢	تقليل التداخل ( Noise Reduction )	٣٥٩
١٤ - ٢ - ٣	تعديل مستوى اللون الرمادي ( Gray Scale Modifications )	٣٥٩
١٤ - ٣	تحليل الصورة ( Image Analysis )	٣٦٠
١٤ - ٤	فهم الصورة ( Image Understanding )	٣٦٠
الفصل الخامس عشر " التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلي " ٣٦٢		
١٥ - ١	معالجة الكلام	٣٦٥
١٥ - ١ - ١	كيفية التعرف على الكلام	٣٦٥
١٥ - ١ - ٢	تحليل الكلام	٣٦٨
١٥ - ١ - ٣	فهم الكلام	٣٦٩
١٥ - ١ - ٤	مميزات التعرف على الكلام	٣٦٩
١٥ - ٢	الإنسان الآلي ( Robot )	٣٧٠
١٥ - ٢ - ١	أجزاء الانسان الآلي	٣٧١
١٥ - ٢ - ٢	التحكم في الانسان الآلي	٣٧٥
١٥ - ٢ - ٣	الانسان الآلي الذكي	٣٧٧

٣٧٩ ----- ١٥ - ٢ - ٤ الانسان الآلى المتحرك

## الجزء السادس " الشبكات العصبية " ----- ٣٨١

٣٨٣ ----- مقدمة

٣٨٥ ----- الفصل السادس عشر " نظرة عامة على الشبكات العصبية "

٣٨٧ ----- ١٦ - ١ الشبكات العصبية الطبيعية ( Biological Neural Networks )

٣٨٧ ----- ١٦ - ٢ الشبكات العصبية الاصطناعية ( Artificial Neural Networks )

٣٨٩ ----- ١٦ - ٣ مكونات الشبكات العصبية الصناعية

٣٩٠ ----- ١٦ - ٤ معالجة المعلومات فى الشبكات الاصطناعية

٣٩٥ ----- الفصل السابع عشر " معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية "

٣٩٧ ----- ١٧ - ١ الشبكات العصبية الاصطناعية

٣٩٧ ----- ١٧ - ٢ الخصائص العامة للشبكات العصبية الاصطناعية

٣٩٨ ----- ١٧ - ٢ - ١ طوبولوجية الشبكة ( Network Topology )

٤٠١ ----- ١٧ - ٢ - ٢ طبيعة عملية تذكر المعلومات

٤٠٢ ----- ١٧ - ٢ - ٣ طبيعة المدخلات

٤٠٢ ----- ١٧ - ٢ - ٤ طبيعة إنتشار الإنتشارة

٤٠٥ ----- ١٧ - ٣ النظم المختلفة لتعليم الشبكات

٤٠٦ ----- ١٧ - ٣ - ١ التعليم الموجه للشبكات العصبية الصناعية

٤١٠ ----- ١٧ - ٣ - ٢ التعلم الذاتى ( غير الموجه ) للشبكات العصبية الاصطناعية

٤١٣ ----- الفصل الثامن عشر " تطوير الشبكات العصبية الصناعية "

٤١٥ ----- ١٨ - ١ بيئة التطوير ( Development Environment )

٤١٥ ----- ١٨ - ٢ خطوات عملية تطوير الشبكات الاصطناعية

٤١٧ ----- ١٨ - ٢ - ١ تجميع وإعداد البيانات

٤١٨ ----- ١٨ - ٢ - ٢ تراكيب الشبكة

٤١٩ ----- ١٨ - ٢ - ٣ الإعداد ( التجهيز )

مسلل	الموضوع	رقم الصفحة
١٨ - ٢ - ٤	تدريب الشبكة	٤٢٠
١٨ - ٢ - ٥	خوارزميات التعليم	٤٢٠
١٨ - ٢ - ٦	الإنتشار الخلفى	٤٢٣
١٨ - ٢ - ٧	الإختيار	٤٢٤
١٨ - ٢ - ٨	التنفيذ	٤٢٥
١٨ - ٣ - ٣	بعض نماذج الشبكات العصبية الصناعية	٤٢٦
١٨ - ٣ - ١	نموذج هوبفيلد ( J. Hopfield )	٤٢٦
١٨ - ٣ - ٢	نموذج بولتزمان	٤٣٣
١٨ - ٤ - ٤	برمجة الشبكات العصبية ( Programming Neural Networks )	٤٣٩
١٨ - ٥ - ٥	المكونات المادية للشبكات العصبية ( Neural Network Hardware )	٤٣٩
١٨ - ٦ - ٦	فوائد الشبكات العصبية	٤٤٠
١٨ - ٧ - ٧	القيود على الشبكات العصبية	٤٤١
١٨ - ٨ - ٨	الشبكات العصبية والنظم الخبيرة	٤٤٢
١٨ - ٩ - ٩	أمثلة لبعض استخدامات الشبكات العصبية الإصطناعية	٤٤٣
١٨ - ١٠ - ١٠	تكامل الشبكات العصبية والنظم الخبيرة	٤٤٧
١٨ - ١١ - ١١	كيف تبني شبكة عصبية صناعية	٤٤٨
١٨ - ١١ - ١	الهيكل التنظيمى للبرنامج	٤٤٩
١٨ - ١١ - ٢	استخدام برنامج ( Neural.Net ) فى التعرف على صور	
	الأرقام العربية	٤٥٥
	الفصل التاسع عشر " التطبيقات العملية للشبكات العصبية الإصطناعية "	٤٥٩
١٩ - ١ - ١	مقدمة	٤٦١
١٩ - ٢ - ٢	التطبيقات الإقتصادية والمالية	٤٦٥
١٩ - ٣ - ٣	تطبيقات تحليل الصور ( Image Analysis Application )	٤٦٦
١٩ - ٤ - ٤	تطبيقات التشخيص ( Diagnosis Applications )	٤٦٩
١٩ - ٥ - ٥	تطبيقات التحكم الآلى ( Automated Control Applications )	٤٧٠
١٩ - ٦ - ٦	تطبيقات معالجة اللغات الطبيعية	٤٧٣
١٩ - ٧ - ٧	تطبيقات أخرى	٤٧٥
	الفصل العشرون " الإتجاهات المستقبلية "	٤٧٩
٢٠ - ١ - ١	الآفاق والحدود	٤٨١



مسلل	الموضوع	رقم الصفحة
٢٠ - ٢	النظم العصبية الضوئية	٤٨٢
٢٠ - ٣	الحوسبة فى المستقبل : رؤية شاملة	٤٨٥
٢٠ - ٤	أمثلة لبعض مكونات نظم الحوسبة العصبية الحسية	٤٨٧
	الملاحق	٤٩١
	ملحق ( ١ ) معمارية السبورة	٤٩٣
	ملحق ( ٢ ) قائمة المصطلحات	
	ملحق ( ٢ ) قائمة المراجع	



١

## الجزء الأول



الذكاء الاصطناعي



## مقدمة

يتضح يوما بعد يوم تشابك وتداخل فروع المعرفة المختلفة وتزايد عمليات التأثير والتأثر بينها. ولذلك أصبح من المستحيل في بعض الأحيان إحراز تقدم في أحد المجالات دون الاستفادة من نتائج البحث في المجالات الأخرى. ويلاحظ المتتبع للبحث العلمي في السنوات الأخيرة إتجاهها هاما في مسار البحث وهو التعددية ( Multidisciplinary Approach ) ، ولهذا لم يعد البحث العلمي مجهودا فرديا ذاتيا يقوم به أحد العلماء أو مجموعة من العلماء من تخصص واحد، بل أصبح نشاطا جماعيا بالدرجة الأولى. وتكونت فرق البحث العلمي من علماء من تخصصات مختلفة لممارسة الأبحاث التعددية وضمان النظرة الشاملة. وأصبح من الطبيعي أن نجد علماء الرياضيات والطبيعة والعلوم الإنسانية والحاسب الآلى يعملون كفريق واحد.

والذكاء الاصطناعي هو أحد العلوم الجديدة التى نشأت فى ظل هذا الإتجاه وهو أحد علوم الحاسب الفرعية التى تهتم بإنشاء برمجيات ومكونات مادية قادرة على محاكاة السلوك البشرى. وكما هو معروف فللحاسبات قدرة على محاكاة بعض قدرات العقل البشرى مثل إجراء العمليات الحسابية ، معالجة الأرقام والحروف ، إتخاذ بعض القرارات البسيطة بالإضافة إلى القدرة الفائقة على تخزين واسترجاع المعلومات. وعلم الذكاء الاصطناعي يهدف إلى محاكاة بعض عمليات الإدراك والإنتاج المنطقى التى يجيدها الإنسان بشكل آلى وسرعة عالية كذلك إنجاز العديد من المهام الصعبة والمعقدة التى كانت تتم يدويا وذلك باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة. وهذه التقنيات يمكن أن تتكامل مع نظم المعلومات المبنية على الحاسب ( Computer - Based Information Systems ) لزيادة قدرات الحاسبات وتوسيع نطاق التطبيقات التى تتم باستخدام الحاسب.

وقد شهدت السنوات السابقة إهتماما كبيرا بالذكاء الاصطناعي التطبيقي وكان لذلك أكبر الأثر على تغيير الهيكل التنظيمي لهيئات عديدة وارتفاع مستوى الإدارة فيها. كما ساهم الذكاء الاصطناعي فى تطوير العديد من المجالات مثل النظم الخبيرة ومعالجة اللغات الحية والتعرف على الكلام المنطوق والرؤية بالحاسب والبرمجة الآلية والإنسان الآلى بالإضافة إلى مجالات أخرى عديدة. كما أن النظم الخبيرة - التى تعتبر أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي - أصبحت موجودة ومطبقة فى مختلف المجالات التى تشمل الطب والهندسة والزراعة والجيولوجيا والصناعة والإلكترونيات والقانون ونظم الحاسب والفيزياء وتكنولوجيا الفضاء والكيمياء والمجال الحربى.

## نظرة عامة

وقد أصبح الإهتمام بالذكاء الاصطناعي مثار إهتمام العالم المتقدم ، ففي يونيو ١٩٨٢ طرحت اليابان برنامجها لإنتاج ما أطلقت عليه نظام الجيل الخامس للحاسبات ، وهو نظام لمعالجة المعلومات والمعرفة ( "KIPS" Knowledge-Information Processing System ) ، كما بدأت اليابان فى بداية ١٩٨٣ مشروعا لإنتاج روبوت يمثل جيلا متقدما عن الأجيال الموجودة حاليا ويكون لديه القدرة على اتخاذ القرار الذاتى ، ويعتمد القائمون على هذا المشروع إلى حد كبير على العديد من نتائج مشروع الجيل الخامس للحاسبات. كما بدأت بريطانيا مشروعا قوميا للذكاء الاصطناعي سمي بمشروع " ألفى ". كما بدأت السوق الأوروبية المشتركة مشروعا يسمى " اسبريت " ( ESPRIT ) . كما أن هناك العديد من الإستثمارات فى هذا المجال من دول أخرى مثل ألمانيا وفرنسا وأستراليا وكندا وإيطاليا والاتحاد السوفيتى ( سابقا ) . أما فى أمريكا ، ففي عام ١٩٨٣ تم إنشاء إتحاد بين مجموعة من الشركات الصناعية الكبرى فى مجال الإلكترونيات الدقيقة والحاسبات لإنتاج تقنيات جديدة ومتقدمة للحاسبات تستخدم التقنيات الخاصة بالذكاء الاصطناعي . وعلى المستوى الحكومى ، قامت هيئة علوم الدفاع ( Defense Science Board ) بتصنيف وترتيب الذكاء الاصطناعي ضمن العشرة تقنيات العسكرية التى تترىح على القمة خلال الثمانينات وأوائل التسعينات. وقامت وكالة البحوث لوزارة الدفاع الأمريكية ببدء مشروع سوبر كمبيوتر مؤسس على التقنيات الخاصة بالذكاء الاصطناعي.

ويركز الجزء الأول من هذا الكتاب فى فصله الأول على تقديم نظرة عامة على الذكاء الاصطناعي تشمل مختلف التعريفات التى وضعت له بواسطة العلماء المتخصصين. كما يوضح هذا الفصل الفروق الأساسية بين الحاسب ومخ الإنسان مع شرح أهم الأشياء التى يتميز بها كل منهما عن الآخر. ويوضح هذا الفصل أيضا أهم مجالات تطبيق الذكاء الاصطناعي والتى تشمل النظم الخبيرة ومعالجة اللغات الحية والتعرف على الكلام المنطوق والرؤية بالحاسب والبرمجة الآلية والإنسان الآلى. وفى الفصل الثانى من هذا الجزء يتم توضيح وسائل حل المشاكل والفرق بين تناول الإنسان لهذه المشاكل وتناول نظم الذكاء الاصطناعي لها والتقنيات المختلفة المستخدمة فى تمثيل المشكلة وكذلك فى البحث عن الحل.

# الفصل الأول

## نظرة عامة





## ١ - ١ ما هو الذكاء الاصطناعي ؟

يختلف علماء الذكاء الاصطناعي في تعريفهم لهذا العلم. ويساعد على هذا الاختلاف أن مفهومنا لما يمكن أن يشكل الذكاء بصفة عامة مازال غامضاً وتعريف الذكاء البشرى يشوبه الكثير من عدم الدقة. وأكثر القياسات المعيارية لمعرفة مدى الذكاء البشرى والتي تلقى قبولا واسعا هي ما يعرف بحاصل الذكاء ( Intelligence Quotient (IQ) ) ولكن مصداقية هذا المعيار كتقييم وقياس فعلى وحقيقى لذكاء شخص ما يشوبها الكثير من الخلاف والجدل. ولذلك فليس من المستغرب أن يكون التعريف الخاص بذكاء الآلة وهو ما يتعرض له الذكاء الاصطناعي يشوبه الخلاف والجدل. ورغم اختلاف العلماء في تعريف الذكاء الاصطناعي فقد اتفق معظم الخبراء على أن مفهومه ينحصر فى أنه أحد مجالات الدراسة والتي تهتم أساسا بتصميم وبرمجة الحاسبات لتحقيق مهام وأعمال تحتاج من البشر عادة إلى استخدام ذكائهم للقيام بها. كما أن للذكاء الاصطناعي هدفا آخر يعتبره بعض العلماء هدفا ثانويا وهو محاولة تفهم كيف يفكر الإنسان وذلك لإعداد البرامج التى تشكل وتصوغ بعض السمات الهامة لعمليات الإدراك عند البشر.

ومن بين مزايا الذكاء الاصطناعي فى هذا المجال أنه يحاول محاكاة بعض عمليات الإدراك التى يجيدها الإنسان دون تعليم أو تدريب ويقوم بها بشكل آلى دون أدنى تفكير مثل الإبصار والسمع والكلام والحركة المتوازنة الرشيقة ، وهى تمثل تحديا حقيقيا لعلماء الذكاء الاصطناعي. ورغم أن كلا من علم الذكاء الاصطناعي وعلم النفس يسعى لفهم القدرات العقلية للإنسان إلا أن ما يميز الذكاء الاصطناعي هو منهجيته فى تحقيق أهدافه فى هذا المجال والتي تتركز فى عملية المحاكاة عن طريق كتابة برامج للحاسب الآلى وملاحظة سلوكها وتعديلها. ولم يتم إدراك مدى تعقيد بعض الأنشطة البشرية مثل فهم الكلام المسموع وتمييز الأشكال المرئية وغيرها إلا عندما شرع علماء الذكاء الاصطناعي فى كتابة برامج لمحاكاتها فقد أدركوا حينذاك أننا لا نعرف إلا القليل من أسرار هذه الأنشطة العقلية ، وكان ذلك دعوة للعلماء المعنيين لإجراء مزيد من البحث لفهم أسرار هذه القدرات. ولذلك فقد أدخل مفهوم الذكاء الاصطناعي الفلاسفة وعلماء النفس وعلماء الرياضيات والمهندسين من مختلف التخصصات ، ثم رجال الاقتصاد وخبراء التنمية ، فى حلبة نقاش محموم يدور منذ عدة سنوات ولا يبدو أنه سيهدأ لسنوات قادمة.

وللإجابة على السؤال ( ما هو الذكاء الاصطناعي ؟ ) نذكر التعريفات المختلفة التى وضعها الخبراء والتي عن طريقها يمكن التعرف على مكونات الذكاء الاصطناعي والاتجاهات البحثية فى هذا المجال.

## ١ - ٢ تعريف الذكاء الاصطناعي

هناك العديد من التعريفات للذكاء الاصطناعي نذكر منها الآتي :

" الذكاء الاصطناعي هو دراسة كيفية توجيه الحاسب لأداء أشياء يؤديها الإنسان بطريقة أفضل. " إيلين ريتش ( Elaine Rich ).

" إن هدف الذكاء الاصطناعي هو بناء آلات قادرة على القيام بالمهام التي تتطلب الذكاء البشري. " نيلز نيلسون ( Nils Nilsson ).

" إن هدف الأبحاث في مجال الذكاء الاصطناعي هو بناء برمجيات قادرة على أداء سلوكيات توصف بالذكاء عند قيام الإنسان بها. " إدوارد فيجنباوم ( Edward Feigenbaum ).

" الذكاء الاصطناعي هو اسم جمالي يطلق على المشاكل التي يصعب حلها باستخدام الحاسب. " دونالد ميتشي ( Donald Michie ).

" الذكاء الاصطناعي هو العلم القادر على بناء آلات تؤدي مهامًا تتطلب قفرا من الذكاء البشري عندما يقوم بها الإنسان. " مارفن مينسكي ( Marvin Minsky ).

" الذكاء الاصطناعي هو قدرة الآلة على القيام بالمهام التي تحتاج للذكاء البشري عند أدائها مثل الاستنتاج المنطقي والتعلم والقدرة على التعديل. " مارتن ويك ( Martin Weik ).

ويتميز الذكاء الإنساني بوجود قدرات خاصة تتلخص في الآتي :

- ١ - اكتساب المعلومات والقدرة على التعلم والفهم من خلال الممارسة الفعلية والتطبيق العلمي والخبرة المكتسبة ويؤدي ذلك إلى التمييز الدقيق بين القضايا والتوصل إلى العموميات من الجزئيات واستبعاد المعلومات غير المناسبة.
- ٢ - القدرة على الإستجابة بمرونة تامة وسرعة لمختلف المواقف مع عدم الإنحياز الخاطيء بمعنى أن الإنسان ليس مقيدا باتباع سلوك معين عند تعرضه لنفس الموقف بطريقة تكرارية مشابهة لأن ذلك يعد سلوكا آليا ونمطيا وليس سلوكا ذكيا.
- ٣ - القدرة على اتخاذ القرارات الصحيحة بناء على الإدراك الحسي والعقلي لجوانب المشكلة والإحتمالات الواردة ونتائج كل هذه الإحتمالات ومعرفة النتائج المنشودة وأفضل القرارات التي تؤدي إلى تحقيق هذه النتائج.

## نظرة عامة

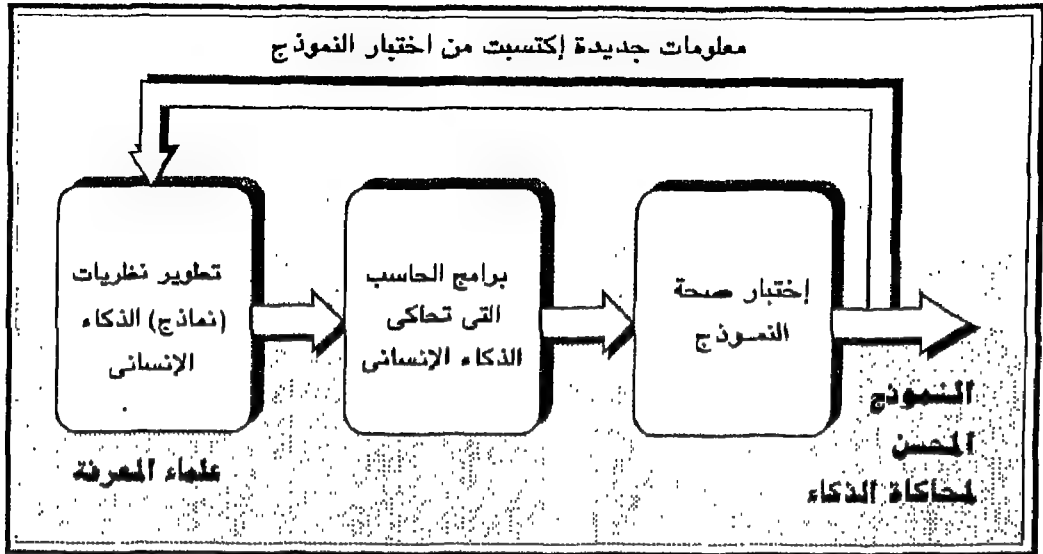
- ٤ - القدرة على استنباط القوانين العامة من الأمثلة المحدودة ومعرفة جوهر الأشياء وذلك بالتمييز بين أنواع المعلومات المختلفة.
- ٥ - القدرة على اكتساب المعرفة واستخدامها في حل المشاكل والقضايا التي يتصدى لها الإنسان جنباً إلى جنب مع خبرته في الحياة وتقديره للمواقف.
- ٦ - نقل التجربة والخبرة الذاتية إلى مواقف ومجالات جديدة للتعرف على أوجه التشابه في هذه المواقف والتعامل معها.
- ٧ - القدرة على اكتشاف الأخطاء وتصحيحها وصولاً إلى تحسين الأداء في المستقبل.
- ٨ - القدرة على فهم وتحليل المواقف الغامضة وغير التقليدية باستخدام أسلوب الإستنتاج المنطقي كذلك القدرة على ربطها بالمواقف المشابهة.

وهذه القدرات أو بعضها والتي يكتسبها الإنسان أو تكون موجودة بالفطرة تعد من أصعب الأشياء التي يمكن محاكاتها باستخدام الحاسب. من هنا ظهرت الحاجة إلى علم الذكاء الاصطناعي والذي يهدف إلى بناء آلة قادرة على محاكاة الذكاء البشري باستخدام برمجيات متطورة للقيام بمهام عديدة تحتاج إلى الذكاء البشري للقيام بها. أما المهام النمطية التي يمكن وصفها جيداً والتي قد تتطلب من الإنسان جهداً ذهنياً وتفكيراً عميقاً في خطوات الحل فقد تم برمجتها على الحاسب بسهولة وظهرت في صورة العديد من التطبيقات في مجالات الحياة المختلفة. وتكمن صعوبة محاكاة الذكاء البشري في عدم القدرة على وضع تصور دقيق لكيفية قيام الإنسان بأحد الأفعال الذكية. فمثلاً هل يمكنك وصف كيفية نقل العلامات والرموز الكتابية إلى معلومات في مخ الإنسان؟ هل يمكنك وصف الخطوات الذهنية التي يقوم بها الإنسان لاسترجاع بعض هذه المعلومات بعد فترة معينة من الزمن؟

من هنا نشأ علم الإدراك ( Cognitive Science ) أو علم المعرفة وهو أحد علوم الذكاء الاصطناعي. ويستخدم علماء الذكاء الاصطناعي تقنيات عديدة للإرتقاء بمستوى ذكاء الحاسب منها النمذجة ( Modeling ) أو المحاكاة ( Simulation ) للحصول على نماذج للذكاء البشري يمكن برمجتها.

ويوضح الشكل ( ١-١ ) أسلوب التغذية العكسية ( Feedback ) للحصول على أفضل النماذج التي تحاكي الذكاء الإنساني. وفي هذه التقنية يقوم علماء الذكاء الاصطناعي باختيار البرامج التي وضعت للحاسب لتحاكي الذكاء الانساني باستخدام النماذج الموضوعية بواسطة علماء المعرفة. ومن ثم يقوم علماء المعرفة بتصحيح وتقليل الأخطاء الموجودة بهذه النماذج إلى أن يتم الوصول إلى أفضلها. وتعتمد نماذج المحاكاة الموضوعية بواسطة علماء المعرفة في بنائها على المعرفة التامة بقدرات كل من الإنسان والحاسب والمواطن التي يتفوق كل منهما على الآخر فيها.

## نظرة عامة



شكل (١-١)

## ١ - ٣ ما يؤديه الحاسب أفضل من الإنسان

هناك أشياء يتميز بها الحاسب عن العقل البشرى وبمعنى أوضح هناك أعمال روتينية يستطيع الحاسب أن يؤديها أفضل من الإنسان والأجزاء التالية توضح بعض هذه الأعمال.

### أ - الحسابات العددية ( Numerical Computations )

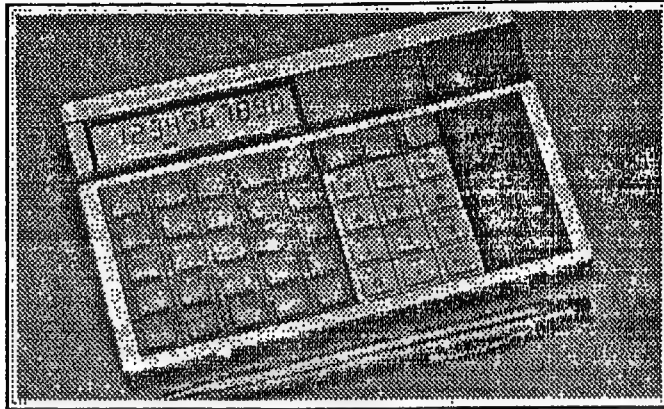
من أهم الأشياء التي يستطيع الحاسب القيام بها بدقة عالية وبسرعة فائقة بالمقارنة مع قدرات الإنسان هي الحسابات العددية والتي كانت الهدف الرئيسى من اختراع الحاسب. والكل يعلم أن آلة حاسبة عادية مثل تلك الموضحة في شكل ( ٢ - ١ ) تستطيع القيام بعملية حسابية مثل ضرب العدد ( ١٩٨٦٤ ) في العدد ( ٩٢٧٨٦٥ ) في جزء من الثانية ، أما الحاسبات الكبيرة فتستطيع القيام بحسابات يصعب على أى إنسان القيام بها باستخدام أى وسائل أخرى.

### ب - تخزين واسترجاع المعلومات

يستطيع الحاسب تخزين آلاف السجلات التي يحتوى كل سجل منها على العديد من البيانات مثل اسم العميل وعنوانه وأى معلومات أخرى عنه. ويمكن استرجاع البيانات بمجرد إعطاء الحاسب امر محدد

## نظرة عامة

ليقوم بالبحث عن السجل الخاص بهذا العميل وعرضه للمستخدم فى بضع ثوانى. وللقيام بهذا العمل بدون الحاسب على الإنسان استخدام آلاف الأوراق لكتابة هذه السجلات وفى هذه الحالة تصبح عملية البحث عن أى سجل شاقة جدا وتستهلك وقتا طويلا.



شكل (٢-١)

### ج - العمليات التكرارية ( Repetitive Operations )

إذا طلب المستخدم من الحاسب ، على سبيل المثال ، طباعة ألف نسخة من التقرير الشهرى سيقوم الحاسب بهذه المهمة بدون أى ملل ويعطيه آخر تقرير بنفس جودة التقرير الأول. أما إذا تم القيام بهذا العمل يدويا فإن الإنسان سوف يمل بعد بضعة تقارير وتقل كفاءة إخراج التقارير بعد ثانى أو ثالث تقرير . ومن ذلك يتضح أن الحاسب يستطيع القيام بالأعمال التكرارية أفضل بكثير من الإنسان.

## ١ - ٤ ما يؤديه الإنسان أفضل من الحاسب

بعد أن أوضحنا أن الحاسب يمكنه القيام بأعمال معينة أفضل من الإنسان ، فما زال الإنسان يملك قدرات تفوق قدرات الحاسب وهى تلك القدرات التى تتعلق بالذكاء ( Intelligence ). فالإنسان لا يقوم بمعالجة البيانات مثل الحاسب فقط ولكنه أيضا يقوم بفهم هذه البيانات ، ويقوم أيضا بالإحساس ( Make Sense ) بالأشياء التى يراها ويسمعها. ليس هذا فحسب ولكن الإنسان يقوم بالحكم السليم ( Common Sense ) على الأشياء.

## نظرة عامة

وعلى هذا ، فإذا كان الإنسان أكثر ذكاء من الحاسب ، وإذا كان الهدف فى مجال الذكاء الاصطناعى هو الارتقاء بأداء الحاسب للقيام بالأشياء التى يقوم بها الإنسان أفضل فإن عليه جعل الحاسبات أكثر ذكاء. هذا المفهوم يؤدى إلى التعريف التالى للذكاء الاصطناعى الموضوع بواسطة أفرون بار ( Avron Barr ) وهو :

"الذكاء الاصطناعى هو علم من علوم الكمبيوتر يعنى بتصميم نظم حاسبات ذكية ، بمعنى تصميم نظم تملك نفس خصائص الذكاء فى السلوك الإنسانى "

وطبقا لهذا التعريف فإن الهدف من مجال الذكاء الاصطناعى هو إنتاج الحاسبات الذكية ( Intelligent Computers ) . والحاسب الذكى كما تم التعريف من قبل هو الحاسب الذى يستطيع محاكاة السلوك الذكى للإنسان.

## ١ - ٥ المعالجة الرمزية ( Symbolic Processing )

عند حل الخبراء للمشاكل - خاصة التى تناسب الذكاء الاصطناعى - فإنهم يستخدمون الرموز ( Symbols ) لتمثيل المشكلة ثم تستخدم أساليب عديدة وقواعد مختلفة لمعالجة هذه الرموز. وتعد المعالجة الرمزية الصفة الأساسية للذكاء الاصطناعى ، وذلك طبقا لتعريف بروس بوتشنانان ( Bruce Buchanan ) والقائل فيه :

"الذكاء الاصطناعى هو ذلك العلم من علوم الحاسب الذى يتخذ طرق المعالجة الرمزية ، وليست الخوارزمية ، فى حل المشاكل "

والمعالجة الرمزية ( Symbolic ) تختلف عن المعالجة العددية ( Numeric Processing ) التى يعتمد عليها الحاسب والتى كانت الهدف من وجوده فى البداية. أما التراكيب الخوارزمية ( Algorithmic ) فهى التراكيب التى تتكون من خطوات محددة ومعروفة بنقطة بداية ونقطة نهاية ، واتباع هذه الخطوات يؤدى إلى الوصول إلى حل المشكلة. والبرامج التقليدية للحاسب تبنى على هذه التراكيب. أما النشاطات العقلية للإنسان مثل طرق الإستنتاج المنطقى ( Reasoning Processes ) فنجد أنها غير خوارزمية ( Non algorithmic ) ، أى أن العقل الإنسانى لا يتبع طرقا إجرائية محددة وثابتة للوصول للإستنتاج أو الحل الذى توصل إليه.

ويكرس معظم الباحثين فى مجال الذكاء الاصطناعى جهودهم فى المعالجة الرمزية والغير إجرائية لمحاكاة طرق الإستنتاج عند الإنسان على الحاسب.

## نظرة عامة

### ١ - ٦ الحُدىس (Heuristics)

الحُدىس هو الحكم على الأحداث بالخبرة التجريبية. وهو الذى يساعد الإنسان على اتخاذ القرار فيما سيفعله مستقبلاً. ويوضح الشكل (١ - ٣) كيف يستخدم الإنسان الحُدىس فى اتخاذ القرارات المستقبلية. وقد اعتبر بروس بوتشانان الحُدىس عنصراً من عناصر الذكاء وذلك فى التعريف التالى :

"الذكاء الاصطناعى هو ذلك النوع من علوم الحاسب الذى يتخذ أسلوب المعالجة المرمزة لتمثيل المعرفة وليس أسلوب المعالجة العددية ، وكذلك يحاكي أسلوب الحُدىس عند الإنسان فى معالجة المعلومات "



شكل (١ - ٣)

ونلاحظ أن بروس فى هذا التعريف أيضاً يؤكد على المعالجة المرمزة كما بالتعريف السابق كعنصر هام فى مجال الذكاء الاصطناعى كما أدخل مفهوم الحُدىس لمعالجة المعلومات.

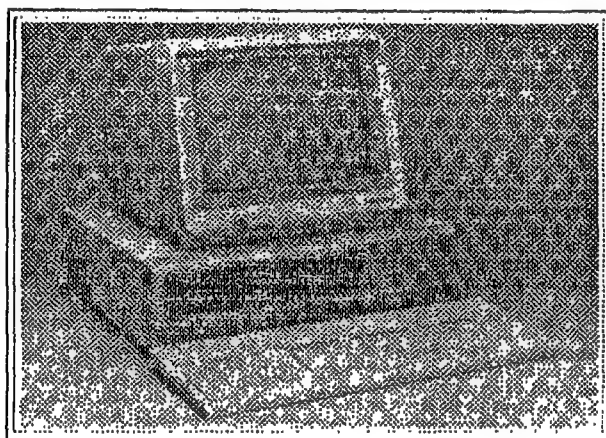
### ١ - ٧ مضاهاة الصور (Pattern Matching)

هناك تعريف آخر للذكاء الاصطناعى يعتمد على تقنية مضاهاة الصور وضعته مجموعة براتل للأبحاث ( Brattle Research Corp. ) والذى تقول فيه :

"ينشأ الذكاء الاصطناعى بواسطة تقنيات مقارنة الصور والتى تساعد فى وصف الأشياء أو الأحداث أو العمليات عن طريق خصائصها النوعية والمنطقية والعلاقات الحسابية. "

## نظرة عامة

والإنسان يستطيع القيام بأشياء غريزية كثيرة من الصعب برمجتها على الحاسب. فيمكنه التعرف على العلاقات بين الأشياء ، ويمكنه الاحساس بالتشابه أو الاختلاف النوعي للأشياء كما يمكنه استخراج مفهوم من مجموعة من النقاط المتراسة على هيئة مخطط أو شكل معين. فالصور الموجودة في الصحف اليومية هي عبارة عن مجموعة متراسة من النقاط مثل الشكل ( ١ - ٤ ) ويستطيع الإنسان التعرف على مدلول هذه النقاط وماتعكسه من وجوه أو أشكال بأقل مجهود. وهذه الغريزة عند الإنسان من الصعب جدا برمجتها ومحاكاتها على الحاسب. فإذا أردنا أن يصبح الحاسب أكثر ذكاء فيجب أن يكون قادرا على التعرف على نفس العلاقات المصاحبة للأشياء والأحداث والعمليات والتي يتعرف عليها الإنسان بطريقة طبيعية.



شكل ( ١ - ٤ )

## ١ - ٨ الاستدلال ( Inferencing )

الاستدلال هو أحد عمليات الاستنتاج المنطقي. فمن الحقائق والقواعد وباستخدام الحدس أو أي طريقة من طرق البحث يمكن الوصول إلى استنتاج معين. والذكاء الاصطناعي قادر على القيام بعمليات الاستدلال عن طريق استخدام أسلوب مطابقة الصور وبالتالي يستطيع القيام بعمليات الاستنتاج المنطقي مثل الإنسان.

## ١ - ٩ الحاسب والمخ البشري

هناك العديد من الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي لم يكن إهتمامهم يتعرض إلى محاكاة أسلوب معالجتهم لهذا المجال بدقة وأمانة للطريقة التي يحل بها البشر مشاكلهم وتعاملهم مع الأمور المختلفة ،



## نظرة عامة

وانحصر اهتمامهم أساسا في أن يرامجهم في النهاية تعمل بطريقة مرضية ، وذلك لقناعتهم بحقيقة الاختلاف بين الحاسب والمخ البشرى في العديد من الأمور الأساسية. فالمخ البشرى يحتوى على ما يقرب من ٤٠ بليون خلية عصبية ( Neurons ) والخلية العصبية تمثل تقريبا واحد بايت ( حرفا ) من المعلومات. بينما حاسبات اليوم تحتوى عادة على ذاكرة رئيسية تصل إلى ما يتراوح بين ٢ مليون بايت ( ٢ ميغابايت ) للحاسبات الشخصية وعدة مئات من المليون بايت للحاسبات الكبيرة ( Large Mainframes ). ورغم أن اتخاذ القرار والتعلم وبعض الأعمال التى تحتاج إلى الذكاء تستخدم نسبيا نسبة صغيرة من السعة الكلية للمخ ، تتراوح ما بين ١٠ ٪ إلى ٣٠ ٪ والتى تمثل ما يكافئ نحو ١٠ بليون بايت ( ١٠ جيجابايت ) فإن هذه السعة ما زالت تفوق إلى حد كبير جدا أى سعة ذاكرة رئيسية لأى حاسب موجود حاليا بما فيها الحاسبات ذات المعالجات المتوازية المكثفة ( Massively Parallel Processors ) والتى قد يصل إجمالى الذاكرة الرئيسية بها الى عدد من الجيجابايت.

ومن ناحية أخرى فإن كل خلية عصبية تحتوى ما بين الف إلى عشرة آلاف دخل وخرج باجمالى ما يقرب من ١٠٠ ترليون وصلة ( Interconnections ) فيما بينهم وعلى النقيض من ذلك نجد أن حاسبات اليوم لا تعدى الوصلات بين مكوناتها الأساسية عددا محدودا جدا. فكل بوابة منطقية ( Logic Gate ) لا تزيد وصلات الدخل الخاصة بها عن أربعة. وعلى الجانب الآخر ، فبينما تبلغ سرعة النبضات العصبية ( Neural Impulses ) ١٠ ميل فى الساعة ، فإن الإلكترونات فى الدوائر الإلكترونية تتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء ( ١٨٦ ميل فى الثانية ). هذا بالإضافة إلى أن الخلايا العصبية للمخ تطلق نبضاتها عادة بناء على أساس حد الأغلبية ( Majority Threshold ) ، بينما تعمل مكونات الحاسب بناء على أسس منطقية ثنائية ( Binary Logic Basis ). ومن هنا يتضح تفوق الحاسب على الإنسان بسرعه الفائقة ودقته الشديدة بينما يتفوق العقل البشرى فى عدد الوصلات بين خلاياه العصبية.

## ١٠ - أهمية الذكاء الاصطناعى

رغم أن الذكاء الاصطناعى كان مثار الإهتمام الأكاديمى منذ أواخر الخمسينات ، إلا أن هذا المجال أصبح حديثا مثار إهتمام متزايد وذلك لظهور بعض التطبيقات العملية على المستوى التجارى. وكان من أهم أسباب التحول الناجح للذكاء الاصطناعى من الناحية الأكاديمية إلى التطبيق والتصنيع هو ذلك التطور الكبير والمتلاحق فى مكونات الحاسبات الالكترونية والذى حدث فى العشرين سنة الأخيرة. فأسعار الحاسبات وأحجامها انخفضت انخفاضا حادا ، بينما سعة الذاكرة الرئيسية وسرعة المعالجة زادت

## نظرة عامة

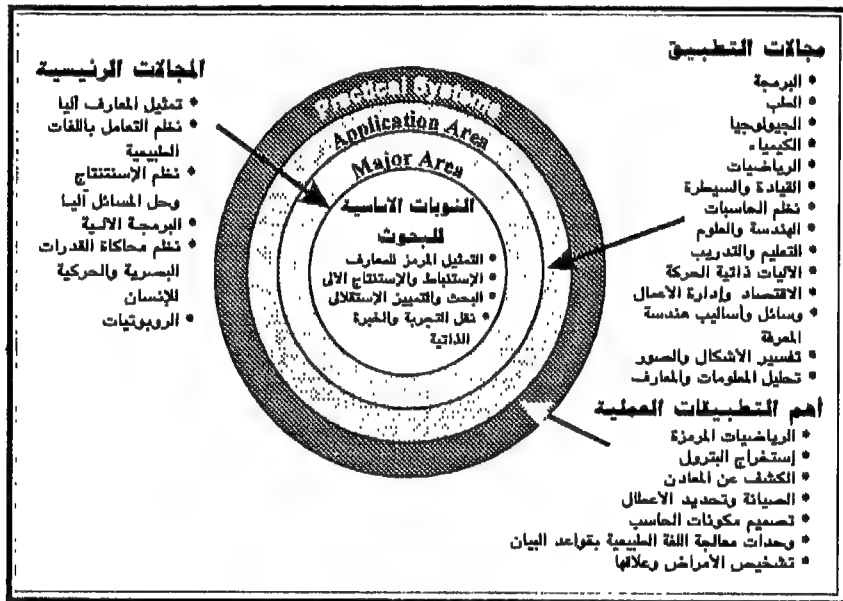
زيادة مطردة حتى أصبحت الحاسبات الشخصية والحاسبات الشخصية الصغيرة ( Microcomputers ) حاليا ذات إمكانيات وقدرات تضارع بل وتتفوق على تلك الخاصة بالحاسبات الكبيرة ( Mainframes ) والتي تم استخدامها بواسطة باحثي الذكاء الاصطناعي في أواخر الخمسينات والستينات وأوائل السبعينات. ونظرا لأن تطبيقات الذكاء الاصطناعي تميل إلى الاستخدام المكثف والمركز لإمكانيات الحاسبات فإنها تتطلب إمكانيات كبيرة من مكونات الحاسب ، ولذلك فإن التقدم التكنولوجي الكبير في مجال صناعة الحاسبات بصفة عامة قد أثر تأثيرا كبيرا على زيادة انتشار برامج الذكاء الاصطناعي تجاريا وتعدد التطبيقات الخاصة بها على المستوى التجاري.

ومن العوامل الهامة لنجاح الذكاء الاصطناعي في مجال التطبيق هو التطور الكبير الذي ساهم في نضج المجال نفسه وخاصة فيما يخص النظم الخبيرة وهي أحد المجالات الرئيسية للذكاء الاصطناعي. وظهرت نتيجة لذلك بعض المفاهيم والسمات والأسس الحاكمة كما نشأت العديد من الوسائل والتقنيات الهامة التي دعمت هذه المفاهيم والأسس.

وقد أصبح الاهتمام بالذكاء الاصطناعي مثار إهتمام العالم المتقدم ، ففي يونيو ١٩٨٢ طرحت اليابان برنامجها لإنتاج ما أطلقت عليه نظام الجيل الخامس للحاسبات ، وهو نظام لمعالجة المعلومات والمعرفة ( Knowledge-Information Processing System "KIPS" ) ، كما بدأت اليابان في بداية ١٩٨٣ مشروعا لإنتاج روبوت يمثل جيلا متقدما عن الأجيال الموجودة حاليا ويكون لديه القدرة على اتخاذ القرار الذاتي ، ويعتمد القائمون على هذا المشروع إلى حد كبير على العديد من نتائج مشروع الجيل الخامس للحاسبات. كما بدأت بريطانيا مشروعا قوميا للذكاء الاصطناعي سمي بمشروع " الفى ". كما بدأت السوق الأوروبية المشتركة مشروعا يسمى " اسبريت " ( ESPRIT ). كما أن هناك العديد من الاستثمارات في هذا المجال من دول أخرى مثل ألمانيا وفرنسا وأستراليا وكندا وإيطاليا والاتحاد السوفيتي ( سابقا ). أما في أمريكا ، ففي عام ١٩٨٣ تم إنشاء اتحاد بين مجموعة من الشركات الصناعية الكبرى في مجال الالكترونيات الدقيقة والحاسبات لإنتاج تقنيات جديدة ومتقدمة للحاسبات تستخدم التقنيات الخاصة بالذكاء الاصطناعي. وعلى المستوى الحكومي ، قامت هيئة علوم الدفاع ( Defense Science Board ) بتصنيف وترتيب الذكاء الاصطناعي ضمن العشرة تقنيات العسكرية التي تترتب على القمة خلال الثمانينات وأوائل التسعينات. وقامت وكالة البحوث لوزارة الدفاع الأمريكية ببدء مشروع سوبر كمبيوتر مؤسس على التقنيات الخاصة بالذكاء الاصطناعي.

## نظرة عامة

وقد بدأ تأثير البحوث الخاصة بالذكاء الاصطناعي يظهر في العديد من المجالات بنهاية السبعينات وشمل ذلك تقنيات البرمجة والرياضيات والكيمياء والهندسة الوراثية وعلم طبقات الأرض والكشف عن البترول والطب والتجارة وإدارة الأعمال وعلم النفس. ويوضح شكل (١-٥) المجالات الأساسية للذكاء الاصطناعي وأهم تطبيقاته ويتضح منه أن النظم الخبيرة أحد المجالات الحيوية والهامة والتي انتشرت تطبيقاتها لتغطي أنشطة كثيرة ومتعددة. وفي الثمانينات، وبتزاوج أوجه النجاح السابقة مع التقدم المذهل في المكونات الإلكترونية بالإضافة إلى انخفاض الكبير في أسعارها وأحجامها، فقد أصبح من الإحتمالات القوية إمكان عمل تطبيقات تجارية على مستوى كبير. وبدءا من التسعينات ومع نضج مجالات الذكاء الاصطناعي، فستتحول الحاسبات من مجرد آلات تتعامل مع الأرقام والحروف إلى آلات تتعامل مع الأشكال والصور والمعرفة.

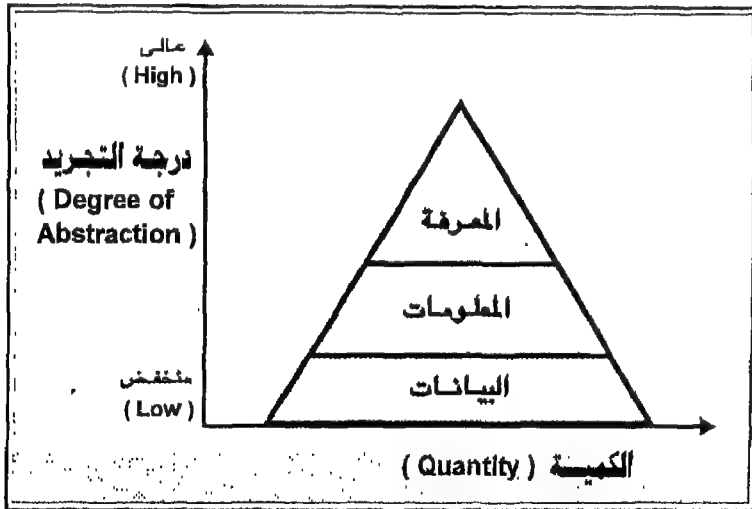


شكل (١-٥)

ومما يدل على الإهتمام الكبير الذي حظى به الذكاء الاصطناعي، هذه الزيادة الكبيرة والمستمرة في حجم الإستثمارات في هذا المجال. فقد زادت الإستثمارات من ٢٥٠ مليون دولار عام ١٩٨٢ الى ٧٥٠ مليون دولار عام ١٩٨٥ وارتفعت إلى ما يقرب من ٤ بليون دولار عام ١٩٩٠، مما يشكل ما يقرب من نسبة ٢٠ ٪ إلى ٢٥ ٪ من حجم الإستثمارات في مجال صناعة الحاسبات.

## ١ - ١١ البيانات والمعلومات والمعارف

فى مجتمع الحاسبات مضى وقت طويل قبل أن يتم اكتشاف الفرق الكبير بين البيانات (Data) والمعلومات (Information) من حيث كون المعلومات هى ناتج تحليل البيانات وذلك بغرض إستخراج العلاقات والمقارنات والمؤشرات ومعاملات الارتباط والتي على ضوءها تتخذ القرارات. وبذلك يمكن القول أن "المعلومات تبدأ من حيث تنتهى البيانات". وهكذا ظهرت نظم المعلومات (Information Systems) متخذة من قواعد البيانات (Data Bases) أساسا لها. وبجانب البيانات المباشرة فإن قواعد البيانات تتضمن العلاقات التى تربط بين عناصر البيانات والتي لها مغزى بالنسبة للأهداف الموضوعة لنظام المعلومات. ومع التطور الكبير الذى بدأ يأخذ دورته المتصاعدة فى عالم الحاسبات ظهر دور بارز لما يطلق عليه لفظ "المعرفة" (Knowledge). واتضح وجود فرق شاسع بين المعلومات والمعارف فمعظم المعارف استنتاجية أكثر منها حسابية أو بيانية. فمثلا هناك فرق كبير بين ما تحتويه الكتب من معلومات وقيام البعض باستيعاب مادتها واستغلالها فى تعريف المشاكل وحلها. وبذلك يمكن القول بأن المعرفة هى محصلة الإمتزاج الخفى لعناصر ثلاثة : المعلومات ، والخبرة ، والحكمة البشرية وبمعنى أبسط "تبدأ المعارف حيث تنتهى المعلومات". ويمكن تصنيف البيانات والمعلومات والمعرفة بمقياس كمى ومقياس لدرجة التلخيص أو التجريد (Abstraction) لكل منهم كما يتضح من الشكل (٦-١).

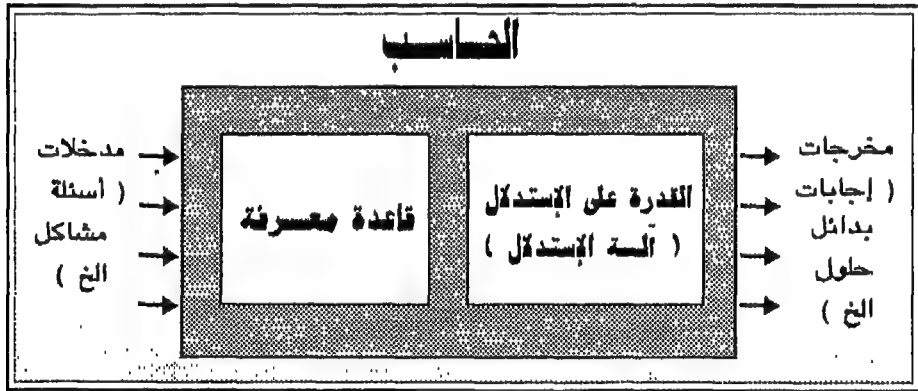


شكل (٦-١)

ورغم وضوح الرؤية فى أن المعرفة الإنسانية هى أهم الموارد على الإطلاق إلا أنها ، وفى وضعها الراهن ، منثورة ومبددة ومبعثرة بين ثنايا الوثائق والكتب والأبحاث والتقارير ، أو أذهان ذوى الخبرة

## نظرة عامة

والذين هم عرضة للفناء بانتهاج آجالهم. وعلى الرغم من كل ما نراه ونسمع عنه من إنجازات هائلة إلا أن مورد المعرفة الإنسانية ما زال مهترا بدرجة كبيرة وبات في أمس الحاجة إلى أساليب فعالة وعملية لتصونه وتنميته وتحسن استغلاله. وتصدى لهذا مجال من مجالات الذكاء الاصطناعي وهو ما يطلق عليه النظم الخبيرة ( Expert Systems ) أو النظم المبنية على المعرفة ( Knowledge-Based Systems ). وبذلك خرج إلى الوجود مفهوم جديد يمثل البديل الأرقى لقواعد البيانات ولتصبح وعاء للخبرة المعارف وشبكة العلاقات والتفاعلات التي تربط بينها. ولأن الحاسبات ليس لها القدرة على التعلم أو استخدام الخبرة بطريقة تحاكي العقل البشري لذلك فإنها تستخدم المعرفة المكتسبة من الخبراء. وهذه المعرفة تتكون من حقائق، مفاهيم، نظريات، طرق للحدس، إجراءات، وعلاقات بين أنواع شتى من المعارف. كذلك يمكن أن تكون المعرفة المكتسبة في صورة معلومات منظمة بطريقة تخدم صناعة القرار أو حل المشاكل. وهذا النوع من المعرفة والذي تستخدمه نظم الذكاء الاصطناعي يسمى قاعدة معرفة ( Knowledge Base ). ومعظم هذه القواعد تركز على موضوع معين أو نطاق مشكلة ما. وبمجرد بناء قاعدة المعرفة يتم استخدام طرق الذكاء الاصطناعي لإكساب الحاسب قدرة على الاستدلال ومن ثم قدرة على الاستنتاج المنطقي والحكم على الأشياء. والشكل ( ٧-١ ) يوضح كيفية استخدام الحاسب للذكاء الاصطناعي في أحد التطبيقات للوصول إلى بعض الحلول البديلة لمشكلة ما.



شكل ( ٧-١ )

وعن طريق البحث خلال قاعدة المعرفة ( Searching ) عن الحقائق والعلاقات المرتبطة بالمدخلات يمكن للحاسب باستخدام آلة الاستدلال الوصول إلى الحلول البديلة للمشكلة. ونتيجة للأهمية المتزايدة للذكاء الاصطناعي وقواعد المعرفة فإن العديد من المهتمين بالحاسبات وتطبيقاتها يؤمنون بأن عصر المعلومات قد انتهى وأن البشرية الآن على أعتاب عصر المعرفة وبدأت الأبحاث تتجه إلى تنظيم قواعد المعرفة ( Knowledge Bases ) وبناء مجتمعات ( Societies ) للمعرفة تساعد في دفع خطى الذكاء الاصطناعي إلى الأمام.

## نظرة عامة

ونتيجة لترسخ الاعتقاد بأن المعرفة موضوع يمكن أن يدين للسيطرة الهندسية ، ظهر فرع جديد من العلوم يطلق عليه " هندسة المعرفة " ( Knowledge Engineering ) وهو يخدم أغراضا يحتاجها الإنسان بدءا من المسائل الطبية ووصولاً إلى تصميم منتج ، ومرورا باتخاذ القرارات الإدارية والعسكرية ، وفى الزراعة والتعليم والتعدين ومعارف الحياة الأخرى. ومن هذا المنطلق يمكن تقسيم مراحل تطور الحاسب من وجهة نظر المستخدم ونوعية التطبيقات وكيفية التعامل بين الإنسان والآلة إلى ثلاث مراحل نوعية :

- معالجة البيانات ( Data Processing )

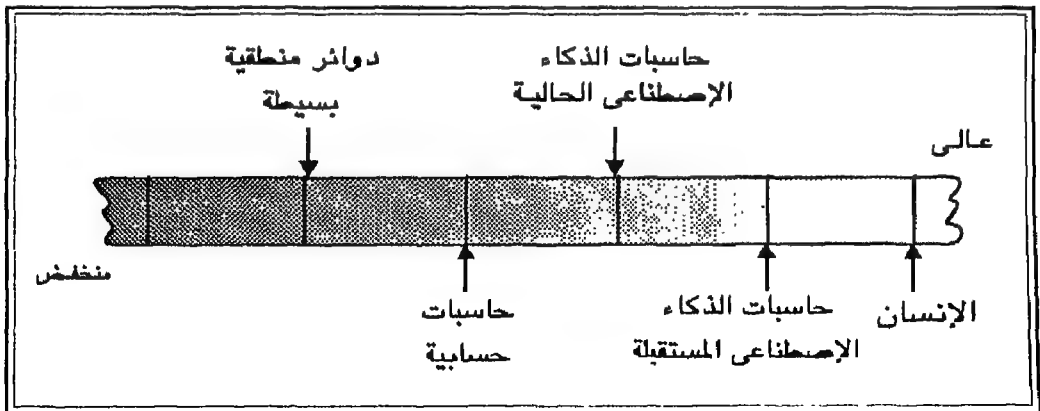
- معالجة المعلومات ( Information Processing )

- معالجة المعارف ( Knowledge Processing )

وبذلك يلاحظ أنه يتم ارتقاء التطبيقات من ميكانيكية معالجة البيانات والمعلومات إلى ذكائية معالجة المعارف والتي تعتبر الأساس الذى تبنى عليه النظم الخبيرة.

## ١ - ١٢ الذكاء الاصطناعى والتكنولوجيا

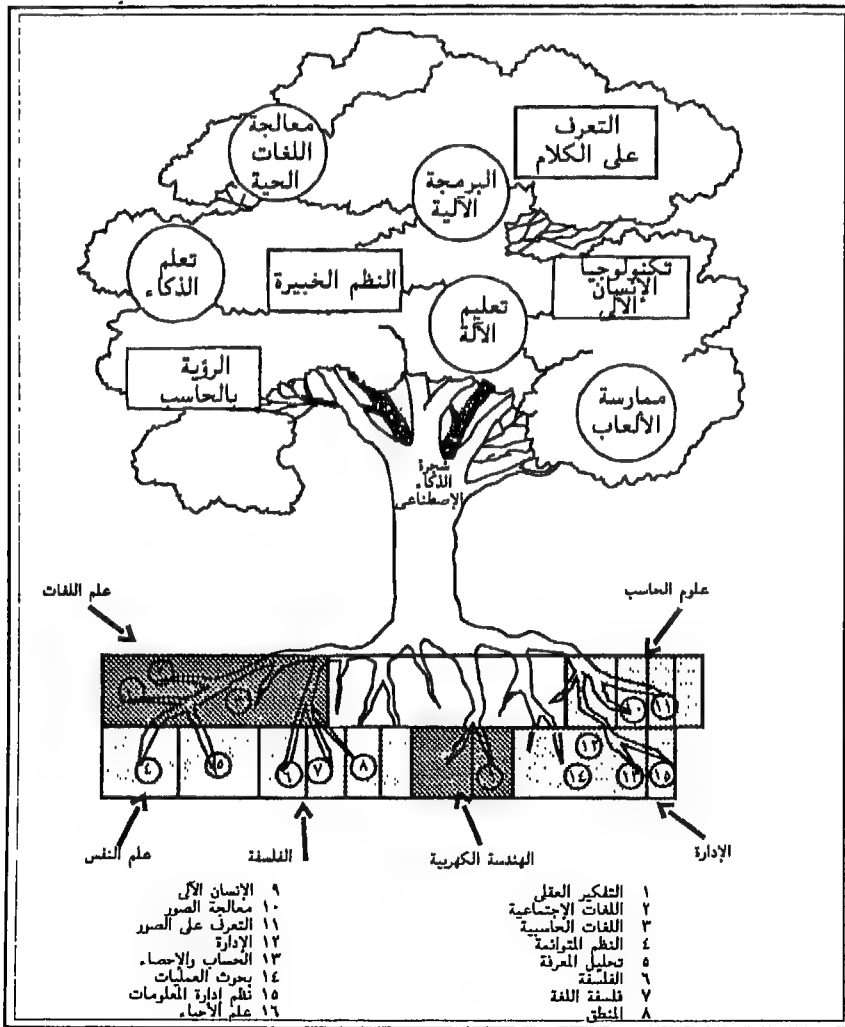
إن الجدل القائم عن ماهية الذكاء الاصطناعى ليس من السهل حله سريعا وذلك لأن الذكاء الاصطناعى ، كعلم جديد أو بمعنى أدق ولد من جديد ، يلقى تطورا مستمرا وسريعا. والأداة الأساسية للذكاء الاصطناعى هى الحاسب الآلى الذى تزداد طاقته بدرجة كبيرة جدا مع انخفاض تكلفته. هذا التقدم الكبير فى تكنولوجيا الحاسبات يصاحبه أيضا تقدم كبير فى مجال الذكاء الاصطناعى. وتتفاوت درجات ذكاء الحاسبات حسب أنواعها كما يوضح شكل ( ١ - ٨ ).



شكل ( ١ - ٨ )

## ١ - ١٣ المجالات الأساسية للذكاء الاصطناعي

إن عدم وجود تعريف دقيق وقاطع للذكاء الاصطناعي ، نتيجة كل العوامل التي تم شرحها ، يؤدي إلى صعوبة الفهم لهذا المجال. ولكي نحصل على مفهوم جيد للذكاء الاصطناعي علينا أن نتعرف على ما يقوم به الباحثون في هذا المجال. أو بمعنى آخر ، من المفيد أن نعرف الذكاء الاصطناعي عن طريق التعرف على المجالات البحثية التي تنتمي لهذا العلم. وهناك مجالات بحثية عديدة تدخل في مجال الذكاء الاصطناعي يتم توضيحها باختصار في الأجزاء التالية ، وسوف يتم شرحها تفصيليا في الفصول القادمة. أنظر شكل (١-٩)



شكل (١-٩)

## ١ - ١٣ - ١ النظم الخبيرة ( Expert Systems )

النظام الخبير ( Expert System ) هو مجرد برنامج ( Computer Program ) يصمم خصيصا ليقوم بعمل الخبراء ( Experts ) فى مجال معين ، أى من الممكن استشارته عند القيام بعمل معين فى المجال الذى ينتمى إليه هذا النظام. ويعرف كذلك بالنظام المبني على المعرفة ( Knowledge Based System ).

ويتكون النظام الخبير من قاعدة معرفة ( Knowledge Base ) تتكون من حقائق ( Facts ) عن مجال معين وقواعد بحثية تحدد كيفية استخدام تلك الحقائق. والشكل ( ١ - ١٠ ) يوضح مكونات قاعدة المعرفة لأحد النظم الخبيرة.



شكل ( ١ - ١٠ ) مكونات قاعدة معرفة لنظام خبير.

والنظم الخبيرة صممت لتساعد الخبراء وليس للإستغناء عنهم. وقد أثبتت أهميتها فى مجالات عديدة مثل النظم الخبيرة فى مجال الطب والجيولوجيا والكيمياء. وهى تعد الآن من أهم تقنيات الذكاء الإصطناعى وأوسعها إنتشارا من حيث ارتباطها الكبير بالصناعة وكثير من الأعمال التجارية. ولذلك فقد أفرنا جزءا كاملا من هذا الكتاب للدراسة التفصيلية لكيفية بناء النظم الخبيرة واستعراض وشرح عدة نظم خبيرة تم إنتاجها بواسطة شركات عالمية كبيرة.



## ١ - ١٣ - ٢ معالجة اللغات الحية ( Natural Language Processing )

إن وسيلة إتصال الإنسان بالحاسب تتمثل فى مجموعة من التعليمات والأوامر المحددة أو لغات البرمجة ومثل هذه الوسائل لاتحقق المرونة الكافية فى الإتصال بالحاسب. والهدف الأساسى من مجال معالجة اللغات الحية ( Natural Language Processing ) هو جعل الإتصال بين الحاسب والإنسان يتم بصورة طبيعية أى باستخدام لغة الإنسان مثل العربية أو الإنجليزية. وينقسم هذا المجال إلى جزئين رئيسيين يتم توضيحهما فى الأجزاء التالية:

### أ - فهم اللغات الحية ( Natural Language Understanding )

ويبحث هذا المجال فى إيجاد طرق تسمح للحاسب بفهم التعليمات المعطاة إليه بصورة طبيعية ، أى انه يستطيع فهم لغة الإنسان بسهولة.

### ب - إنتاج اللغات الحية ( Natural Language Generation )

ويبحث هذا المجال فى إيجاد الطرق التى تجعل الحاسب قادرا على إنتاج لغة حية ، أى يمكنه إنتاج جمل بالعربية أو الإنجليزية أو أى لغة حية أخرى.

## ١ - ١٣ - ٣ التعرف على الكلام ( Speech Recognition )

الهدف من معالجة اللغات الحية ، كما أوضحنا ، هو جعل الحاسب قادرا على التفاعل والإتصال بالإنسان عن طريق التعرف على لغته الحية من خلال الجمل المعطاه إليه عن طريق لوحة المفاتيح.

أما مجال التعرف على الكلام ( Speech Recognition ) فهو يجعل الحاسب أكثر تفاعلا مع المستخدم ، حيث أنه يبحث فى الطرق التى تجعل الحاسب قادرا على التعرف على حديث الإنسان. أى أن الإنسان يصبح قادرا على توجيه الأوامر إلى الحاسب شفويا ويقوم الحاسب بفهم هذه الأوامر وتنفيذها.

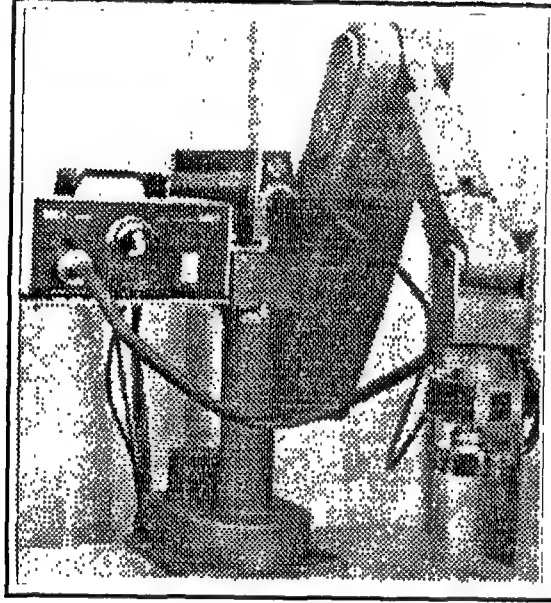
## ١ - ١٣ - ٤ الرؤية بالحاسب ( Computer Vision )

تمثل الرؤية بالنسبة للإنسان الوسيلة الأساسية التى تجعله يشعر بالوسط المحيط به. كذلك فإن الهدف من مجال الرؤية بالحاسب ( Computer Vision ) - ويسمى أيضا التعرف على الصور ( Pattern Recognition ) - هو جعل الحاسب قادرا على رؤية الوسط المحيط به والتعرف عليه. وتتم هذه العملية عن طريق توصيل الحاسب بكاميرا للتصوير تساعد على استقبال صور للوسط

## نظرة عامة

المحيط به ، ولكن تفسير هذه الصور والتعرف على ما تمثله بالنسبة للحاسب يعتبر من أصعب المهام التي تعترض علماء الذكاء الاصطناعي. وحاليا يوجد تطبيق لتلك الأبحاث والذي يستخدم الرؤية بالحاسب مثل الإنسان الآلى الموضح بالشكل ( ١١ - ١ ) وهو ببساطة عبارة عن كاميرا تليفزيونية وذراع آلية ويمكنها التعرف على الأجسام ونقلها من مكان لآخر.

وهذا الإنسان الآلى يختلف عن الروبوت التقليدي في أنه لايقوم بأداء المهام حسب برنامج مخزن به فقط ولكنه أيضا يكون قادرا على تغيير وظيفته وتكييفها حسب الوسط المحيط به.



شكل ( ١١ - ١ )

## ١ - ١٢ - ٥ البرمجة الآلية ( Automatic Programming )

البرمجة هي الوسيلة التي من خلالها يمكننا ابلاغ الحاسب بتنفيذ العمليات التي نريد منه القيام بها. ويمر إنتاج البرنامج بمراحل عديدة مثل تصميم البرنامج ثم كتابته ثم اختباره ثم تنقيحه وأخيرا تقييمه وبعد التأكد من صحته يتم إنتاجه.

أما الهدف من البرمجة الآلية فهو إنتاج البرامج الذكية والتي تستخدم كأداة جيدة في مساعدة المبرمجين في تسهيل إنتاج برامجهم. ويوجد هدف أسمى للبرمجة الآلية وهو إنتاج البرنامج الذكي الذي يستطيع أن ينتج برنامجا بنفسه ، أى إعطاؤه تفاصيل المشكلة ليقوم هو بتصميم وإنتاج البرنامج.

## ١ - ١٣ - ٦ الإنسان الآلى ( Robot )

إن تكنولوجيا الإنسان الآلى ( Robotics ) هى من أكثر تكنولوجيا الذكاء الإصطناعى تقدما من حيث التطبيقات التى تقدم فيها حولا كاملة للمشاكل. والروبوت ( Robot ) أو الإنسان الآلى عبارة عن آلة كهروميكانيكية يمكن برمجتها لتؤدى بعض المهام التى يقوم بها الإنسان يدويا وسوف يتم شرحه بالتفصيل فى الجزء الخامس من الكتاب.

ويمكننا تلخيص ماسبق ذكره من بعض مجالات الذكاء الإصطناعى فيما يلى :

١ - التخطيط وصنع القرار ( Planning & Decision Making )

٢ - معالجة اللغات الحية ( Natural Language Processing )

٣ - الرؤية والتعرف على الأشكال ( Computer Vision )

٤ - التعرف على الكلام ( Speech Recognition )

٥ - البرمجة الآلية ( Automatic Programming )

٦ - الإنسان الآلى ( Robotics )

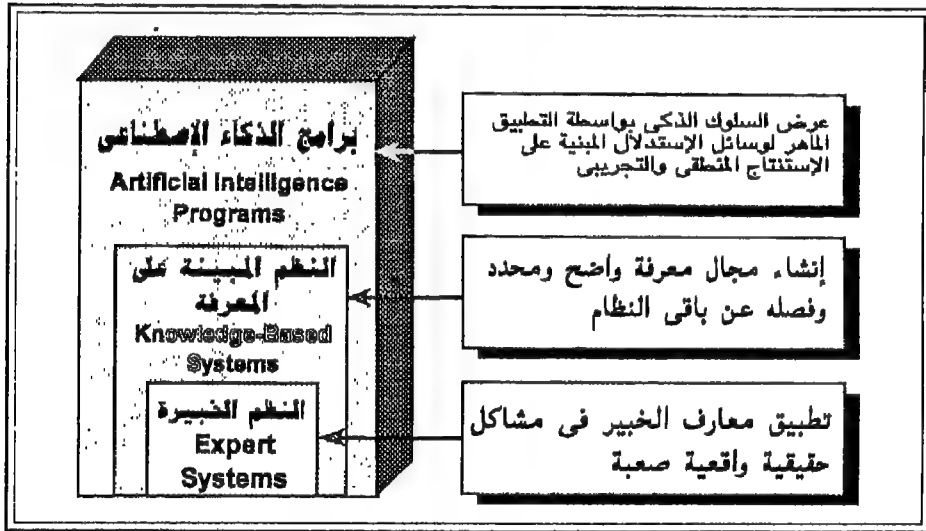
وسوف يتم دراسة هذه المجالات بالتفصيل فى الأجزاء التالية من الكتاب.

## ١ - ١٤ حاسبات الجيل الخامس

تنبه اليابانيون إلى أن المعرفة ( Knowledge ) هى الثروة الجديدة للأمم ، وأن العالم فى طريقه إلى عصر جديد هو عصر صناعة المعرفة ( Knowledge Industry ). فالمعرفة قوة ، والحاسبات يمكنها أن تضاعف هذه القوة. ولذلك أقرت اليابان خطة قومية مدتها عشر سنوات عرفت بإسم " الجيل الخامس للحاسبات " ، وهو الأمر الذى قد يجعل اليابان القوة الصناعية المسيطرة على العالم لسنوات طويلة وأن تكون الرائدة فى تكنولوجيا الحاسبات. ويتوقع اليابانيون أن يخرج جيل جديد من الحاسبات الآلية يشمل تغييرات كمية فى سرعة الحاسبات والقوة والإستنتاج المنطقى ( Reasoning ). ويهدف هذا الجيل من الحاسبات إلى جعلها قادرة على مناظرة الإنسان بلغاته القومية وفهم الكلام والصور ، وكذلك القدرة على التعلم ، وعمل الإستنتاجات ، واتخاذ القرارات ، والتصرف بالطرق التى نعتبرها جزءا شاملا من التفكير المنطقى المؤدى إلى استنتاجات العقل البشرى.

## نظرة عامة

ويهدف اليابانيون إلى بناء تصميماتهم على وجهة نظر علمية كانت قد قدمت منذ حوالى خمسة عشر عاما فى أبحاث الذكاء الاصطناعى الأمريكى تعرف باسم " النظم المبنية على المعرفة " أو فى بعض الأحيان " نظم قواعد المعرفة " ، والتي تم التعرض لها فى هذا الفصل. وقد أطلق اليابانيون على نظامهم الجديد اسم " نظام معالجة المعارف والمعلومات ". وهو يعنى إدخال نظم المعالجة المنطقية الآلية واستخدام المعرفة عن مواضيع محددة بدلا من المبادئ المجردة. وتحتوى نظم قواعد المعرفة على كمية ضخمة من المعرفة التى قد تطرأ على الذهن عند إنجاز مهمة معينة. وتعتبر النظم الخبيرة أحد أنواع النظم المبنية على المعرفة بالرغم من استخدام التعبيرين كمترادفين وذلك كما يتضح من الشكل ( ١ - ١٢ ). ويوضح شكل ( ١ - ١٣ ) التركيب البنائى للجيل الخامس للحاسبات والذى يتضح فيه اعتماده الأساسى على نظم قواعد المعرفة والتعامل مع المستخدم من خلال اللغات الطبيعية واستخدام الكلام المنطوق والصور والأشكال فى التعامل مع الحاسب إدخالاً وإخراجاً.



شكل ( ١ - ١٢ )

## الفصل الثاني

### تمثيل المشاكل ووسائل حلها



## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

من أهم أهداف نظم الذكاء الاصطناعي محاولة محاكاة قدرة الإنسان على حل المشاكل واتخاذ القرارات وذلك باستخدام الإستنتاج المنطقي ( Reasoning ). ولفهم طبيعة عملية المحاكاة ، وهى من العمليات المعقدة والصعبة ، يجب أولاً فهم الأساليب والطرق المستخدمة فى نظم الذكاء الاصطناعي وخاصة النظم الخبيرة لحل المشاكل وكذلك فهم المنهجيات والتقنيات المستخدمة فى ذلك. والقدرة على حل مشكلة ما باستخدام أسلوب الإستنتاج المنطقي هى من الصفات التى تميز بها الإنسان عن غيره من الكائنات وهذه القدرة هى نتاج العمليات الذهنية المعقدة التى يقوم بها المخ البشرى. ومصطلح حل المشكلة ( Problem Solving ) من المصطلحات التى يستخدمها بكثرة المهتمون بعلم الرياضيات وتستخدم كذلك فى مجال الذكاء الاصطناعي. أما فى عالم إدارة الأعمال ( Business ) فيستخدم مصطلح مكافئ هو إتخاذ القرار ( Decision Making ).

## ٢ - ١ خطوات حل أى مشكلة

هناك تباين ملحوظ فى نظرة الباحثين للطرق المستخدمة فى حل أى مشكلة وتعتمد هذه النظرة بقدر كبير على محصلة الباحث العلمية وخبرته العملية المكتسبة.

وبالرغم من هذا الإختلاف فقد أجمع معظم الباحثين على وجود إطار عام يجمع هذه المنهجيات. وهذا الإطار عبارة عن ستة خطوات رئيسية ترسم الطريق بوضوح أمام المهتمين بحل المشاكل لمساعدتهم فى الوصول إلى الحل الأمثل لها وهذه الخطوات هى : تحديد وتعريف المشكلة ، تحديد الصفات المميزة التى تساعد فى توليد البدائل ، البحث عن حل للمشكلة وطريقة لتقييم هذا الحل ، إختيار الحل المناسب والتوصيات المصاحبة لذلك ، وأخيراً تنفيذ الحل. والشكل ( ٢ - ١ ) يوضح هذه الخطوات وطريقة تسلسلها. وبالرغم من أن طريقة الوصول إلى الحل والموضحة بالشكل طريقة خطية فهى فى الواقع أبعد ما تكون عن ذلك. لأن الواقع قد يفرض دمج بعض هذه الخطوات كذلك يفرض الرجوع إلى بعض الخطوات السابقة بغرض تعديلها عند تنفيذ خطوة تالية بمعنى استخدام طريقة تكرارية ( Iterative ).

وفيما يلى شرح مختصر لكل خطوة من الخطوات السابق ذكرها لحل مشكلة معينة :

☐ الخطوة الأولى : تحديد المشكلة وتعريفها

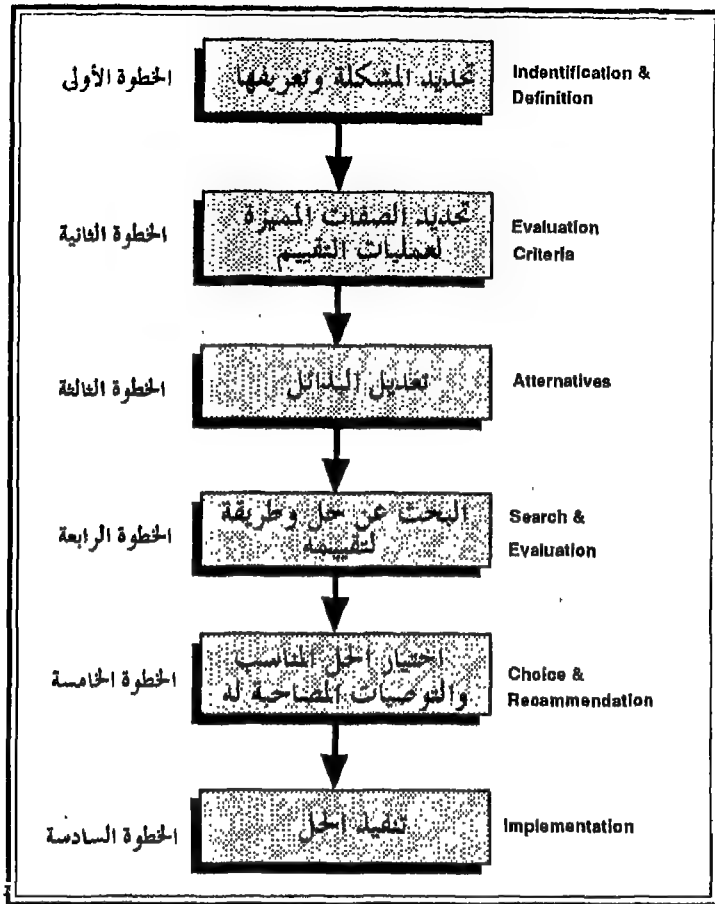
يجب أولاً التعرف على طبيعة المشكلة وتحديد أهميتها وحجمها الحقيقى.

☐ الخطوة الثانية : تحديد الصفات المميزة لعملية التقييم

يعتمد حل أى مشكلة على الخواص والصفات المميزة لهذه المشكلة التى تساعد على الحكم على البدائل المتاحة ( Possible Alternatives ). على سبيل المثال فإن تحديد أفضل الاستثمارات فى مجال إدارة الأعمال يعتمد على بعض الصفات المميزة مثل السيولة المالية المتاحة ( Liquidity ) ،

## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

والعائد المتوقع ودرجة الأمان ( Safety ). وفي هذه الحالة يجب تحديد هذه الصفات المميزة ودرجة أهميتها.



شكل ( ٢ - ١ )

### ☐ الخطوة الثالثة : توليد البدائل

يتم في هذه الخطوة اختبار إثنين أو أكثر من بدائل الحل. وقد يسفر أحد هذه الاختبارات عن نتائج سلبية ولكن وجود هذه الخطوة ضروري لتييح الفرصة لاتخاذ القرار ولذلك فإنه يتطلب قدرا كبيرا من القدرة على الإبداع.

### ☐ الخطوة الرابعة : البحث عن حل وتقييمه

تحتوي هذه الخطوة على العديد من الاختبارات لطرق الحل المختلفة في ضوء الصفات المميزة السابق شرحها. وهذه الاختبارات هي في الواقع عملية بحث ( Search Process ) لأنها تهدف في



## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

النهاية إلى إيجاد أفضل الحلول. ويمكن في هذه الخطوة استخدام العديد من منهجيات البحث والتقييم وآليات الإنتاج المنطقى المتاحة.

### □ الخطوة الخامسة : إختيار الحل المناسب

تنتهى عملية البحث عادة باختيار أنسب وأفضل الحلول والتوصية باستخدام هذا الحل.

### □ الخطوة السادسة : التنفيذ

تنتهى عملية حل المشكلة بتنفيذ الحل المقترح وهذه العملية فى الواقع معقدة جدا لأنها تفرض فى كل خطوة بعض القرارات الفرعية ( Subdecissions ) التى يجب إتخاذها وكل قرار فرعى عند إتخاذها يجب أن يمر بنفس الخطوات السابق شرحها.

ويمكن استخدام تقنيات علم الذكاء الإصطناعى التطبيقى لمحاولة برمجة هذه الخطوات والمساعدة فى تنفيذها وخاصة الخطوتين الرابعة والخامسة. أى أن دور الذكاء الإصطناعى وأدواته مثل النظم الخبيرة هو إجراء عمليات البحث ( Search ) والتقييم ( Evaluation ) وذلك باستخدام قدرة هذه النظم على الإستدلال ( Inference Capabilities ). وبالرغم من هذا الدور المحدود الذى يقوم به الذكاء الإصطناعى إلا أن هناك أملا كبيرا فى زيادة مساحته مع التطور الهائل فى مجال تقنيات تصنيع المكونات المادية للحاسب ( Hardware ).

## ٢ - ٢ أسلوب الإنسان فى حل المشكلة

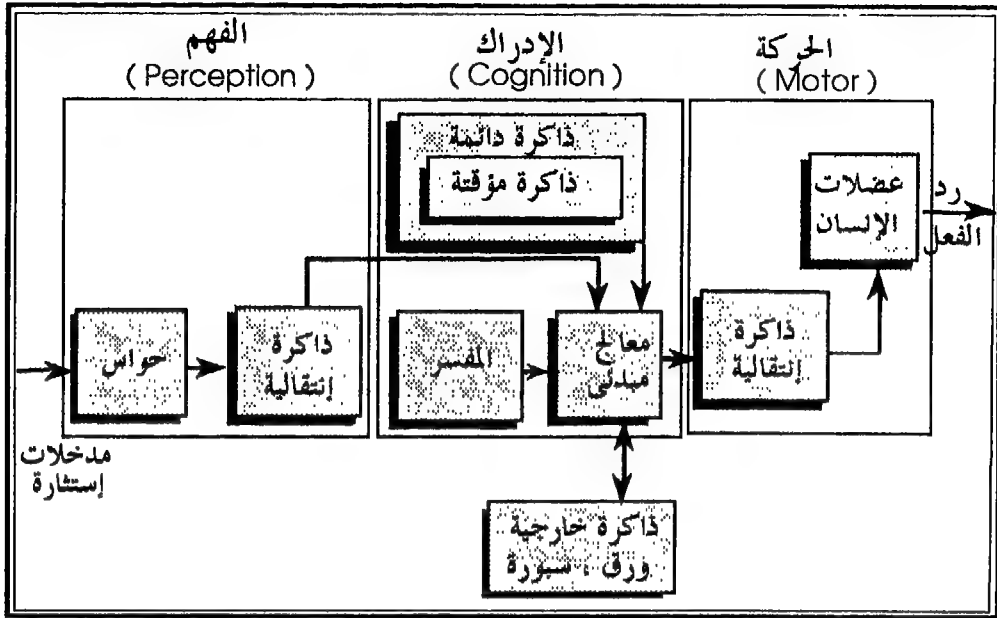
كما سبق أن ذكرنا ، فإن الهدف الرئيسى لنظم الذكاء الإصطناعى هو محاولة محاكاة ذكاء الإنسان باستخدام الحاسب. وتحقيق هذا الهدف يتطلب المعرفة التامة بكيفية تخزين الإنسان للمعرفة وكيفية إسترجاعه لها واستخدامها وكذلك طرق إكتسابها وكل هذه العمليات يتم دراستها باستفاضة فى علم المعرفة أو علم الإدراك ( Cognitive Science ). وتعتبر عملية حل المشكلة أو إتخاذ القرار بمثابة عملية معالجة للمعلومات ( Information Processing ) والتى تستخدم أسلوب الوصف النوعى ( Qualitative Description ) للطرق البشرية فى التفكير والإستنتاج. ومن نماذج المعالجة البشرية للمعلومات نموذج نيويل - سيمون ( Newell - Simon ). وهذا النموذج يستخدم طريقة تناظرية بين المعالجة بالحاسب ومعالجة الإنسان للمعلومات للوصول إلى نموذج قياسى يصف طريقة الإنسان فى حل المشاكل كذلك يساعد على فهم طريقة عمل نظم الذكاء الإصطناعى والقيود المفروضة على هذه النظم أثناء التشغيل. وفى نموذج سيمون يتكون النظام البشرى لمعالجة المعرفة من النظم الفرعية الآتية : نظام فرعى للفهم ونظام فرعى للإدراك ونظام فرعى محرك وذاكرة خارجية. والشكل ( ٢ - ٢ ) يوضح كلا من الذاكرة والمعالجة المستخدمان مع كل نظام فرعى.

## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

ويلاحظ من الشكل أن المدخلات الخارجية الممثلة في أي إستشارة لحواس الإنسان مثل العين أو الأذن تظل في ذاكرة انتقالية إنتظارا للمعالجة عن طريق النظام الفرعى للإدراك. وتساعد هذه الذاكرة الإنتقالية في الاحتفاظ بكم هائل من المعلومات حيث يقوم النظام الفرعى للإدراك باستخدام المناسب منها عند الحاجة لإتخاذ قرار معين.

وكما يحدث في وحدة المعالجة المركزية ( CPU ) في الحاسب ، يقوم المعالج المبدئى باستدعاء هذه المعلومات عند الحاجة إليها في حالة إتخاذ القرار ويقوم بتحويلها إلى الذاكرة قصيرة المدى أو المؤقتة ( Short - Term Memory ) وتتم هذه العملية بطريقة تكرارية فى صورة حلقات ( Cycles ) وفى كل حلقة يقوم المعالج باستدعاء المعلومات من الذاكرة الإنتقالية ثم يتم تقييمها وتخزينها فى الذاكرة. ويحتوى النظام الفرعى للمعرفة أو الإدراك ( Cognitive Subsystem ) على ثلاثة أجزاء وهى المعالج المبدئى ، الذاكرة قصيرة المدى (المؤقتة) ( Short-term Memory ) والذاكرة طويلة المدى (الدائمة) ( Long-term Memory ) ، والمفسر ( Interpreter ) الذى يقوم بتفسير أجزاء من ( أو كل ) تعليمات البرنامج الخاص بحل المشكلة وهذا البرنامج بدوره يعتمد على عدد من المتغيرات مثل المهام المطلوب إنجازها ودرجة ذكاء النظام الذى سوف يساعد فى حل المشكلة ( Problem Solver ). وهكذا نجد أن النظام الفرعى للمعرفة أو الإدراك هو همزة الوصل بين المدخلات عن طريق الحواس والمخرجات الحركية ( Motor Output ). وفى حالة إنجاز المهام المعقدة والتى تحتاج إلى قدر كبير من المعلومات يتم الإستعانة بالذاكرة طويلة المدى لاسترجاع مثل هذه المعلومات ويمكن الإستعانة بذاكرة خارجية ( External Memory ) إضافية مثل المعلومات المتاحة فى المراجع والكتب. ويتفوق الحاسب على الإنسان فى سرعة إسترجاع مثل هذه المعلومات من الذاكرة الخارجية أو فى تخزينها أو فى معالجتها كذلك فى تكامل البيانات الإحتمالية ( Probabilistic Data ) أثناء محاولة حل المشكلة. وتستطيع الأحيال الجديدة من الحاسب استخدام أسلوب المعالجة المتسلسلة والمتوازية للمعلومات فى نفس الوقت مما يعنى تفوقا ملحوظا للحاسب على الإنسان فى هذا المجال لسرعته الفائقة كما يعنى أيضا إمكانية استخدام الحاسبات فى مساندة ودعم عملية إتخاذ القرار أو حل المشاكل وبكفاءة عالية.

وفى النهاية وبعد عملية التمشيط والبحث خلال الذاكرة يقوم المعالج بإرسال المعلومات المطلوبة إلى الجزء الفرعى المحرك ( Motor Subsystem ) والذى يقوم بدوره بتحريك العضلات ( Muscles ) ويحدث رد الفعل العضلى كاستجابة للمدخلات التى استقبلتها الحواس.



شكل (٢-٢)

## ٢ - ٣ حل المشكلة باستخدام نظم الذكاء الاصطناعي

كما سبق الإيضاح فإن التقنيات التطبيقية للذكاء الاصطناعي تهتم اهتماماً أولياً بعمليات البحث والتقييم أثناء تنفيذ الخطوات السابق عرضها لحل أى مشكلة بهدف زيادة سرعة وآلية تنفيذ هذه العمليات بقدر الإمكان. وهناك العديد من آليات وطرق البحث المتاحة والمتعارف عليها ويمكن استخدام إحداها بواسطة الحاسب. بعض هذه الطرق شكلى ( Formal ) مثل طرق الأمثلة ( Optimization ) وتسمى الطرق التحليلية ( Analytical ) وطرق البحث الأعمى ( Blind Search ) وطرق الحدس ( Heuristics ) وبعضها غير شكلى ( Informal ) يعتمد على الإدراك التلقائى ( Intuition ) وسوف نستعرض فيما يلى هذه الطرق للوقوف على أهم مميزاتا والظروف الملائمة لاستخدام كل منها. أنظر شكل (٢-٣)

### ١ - طريقة الأمثلة ( Optimization )

تهدف هذه الطريقة إلى محاولة الحصول على أفضل الحلول الممكنة عن طريق نمذجة المشكلة باستخدام أنماط رياضية تحدد نطاق المشكلة ومتغيراتها وصفاتها المميزة ثم تتم عملية التحقيق الأمثل باستخدام طريقة الدالة العتبية ( Step Formula ) أو باستخدام خوارزمية تقوم بالبحث خطوة خطوة ثم توليد الحلول واختبارها وتحسينها. وتستخدم طريقة التحقيق الأمثل

## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

بطريقة مكثفة فى تقنيات أخرى غير تقنيات الذكاء الاصطناعى مثل بحوث العمليات ( Operation Research ) والرياضة التطبيقية.

### ٢ - البحث الأعمى أو العشوائى ( Blind Search )

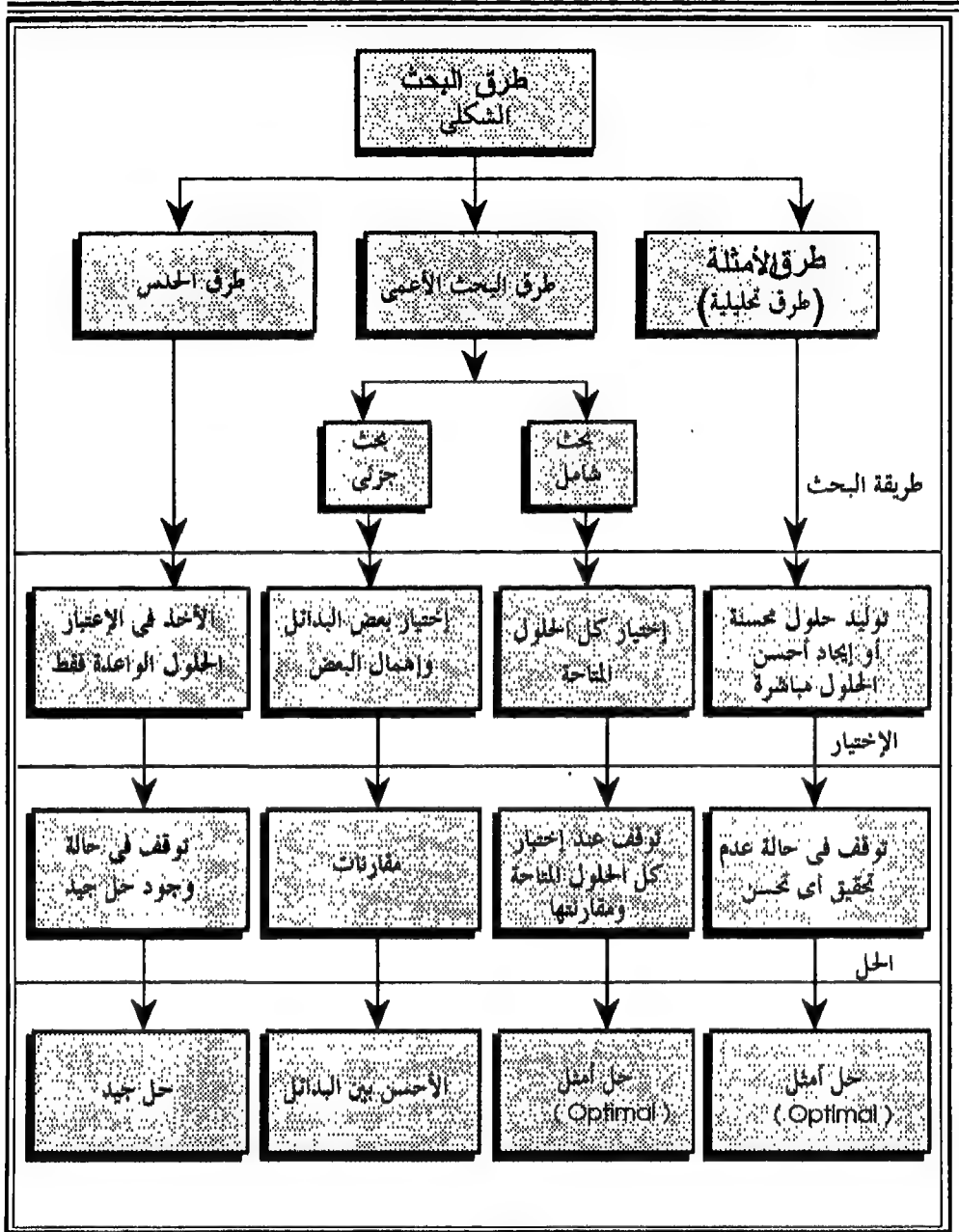
قبل إجراء عمليات البحث عن حل معين يكون هناك تصور عام لهذا الحل يمثل هدفا ( Goal ) يرمى تحقيقه على سبيل المثال عند محاولة إقرار أو عدم إقرار تقديم قرض ما لشخص معين. والخطوات الممكنة والتي تبدأ من الظروف ( الشروط ) الابتدائية ( Initial Conditions ) وتنتهى بتحقيق الهدف تسمى خطوات البحث ( Search Steps ) وعملية حل المشكلة تتم بالبحث فى نطاق الحلول الممكنة وليس خارجه.

وتقوم طريقة البحث الأعمى بفحص البدائل ( Alternatives ) والأحداث ( Events ) المتعلقة بظروف الحل سواء كانت عملية البحث شاملة ( Complete ) أو جزئية ( Partial ) وهذه العملية تتم فى مسارات اختيارية ( Arbitrary ) غير موجهة ولهذا تتطلب وقتا كبيرا وسعة تخزينية عالية للحاسب المستخدم لذلك فهى غير عملية عند استخدامها فى محاولة حل مشكلة كبيرة نظرا لضخامة عدد الحلول المطلوب اختبارها قبل عملية الاختيار النهائية.

### ٣ - طريقة الحدس ( Heuristic Search )

تعتمد هذه الطريقة على استخدام المعلومات الحدسية (Heuristic Information) كمعلومات بحثية موجهة لعملية البحث مما يوفر الوقت والجهد اللازمين لهذه العملية. والحدس هو القدرة على التعلم والإكتشاف ومن أدواته الملاحظة الثاقبة والإدراك التلقائى والقدرة على الحكم الصائب والإستنباط والإلهام. والبحث الحدسى أكثر سرعة وأقل تكلفة مقارنة بالبحث الأعمى أو العشوائى ويعطى حلا جيدة بدرجة كافية ( Good Enough ) ويمكن أن يكون بعضها مقاربا للحل الأمثل وخاصة فى حالة التحليل الكمى ( Quantitative Analysis ). وبغض النظر عن طريقة البحث المستخدمة فإن عملية البحث نفسها فى مجال الذكاء الاصطناعى تتم بحيث تكون موجهة بالهدف ( Goal - Directed ) أو موجهة بالبيانات ( Data - Directed ). وتسمى الطريقة الأولى وهى طريقة البحث تجاه هدف محدد بطريقة البحث الراجع ( Backward Search ) لأنها تبدأ من الهدف المتوقع أو المفروض ثم تبحث خلال الإثباتات والبراهين ( Evidences ) التى تدعم هذا التوقع أو الإفتراض ( Hypotheses ). فمثلا : عندما نتوقع إنخفاضا مستقبليا فى المبيعات نتيجة إعتقادنا أن رأس المال المستثمر غير كاف فإن طريقة البحث تجاه الهدف هى التى سوف تحدد مصداقية هذا التوقع.

## تمثيل المشاكل ووسائل حلها



شكل (٢-٣)

أما الطريقة الثانية وهى طريقة البحث تجاه البيانات فتسمى طريقة البحث المتقدم ( Forward Search ) لأنها تبدأ من المعلومات المتاحة أو من الحقائق وتحاول أن ترسم خط إستنتاجى للوصول إلى الهدف أخذة فى الاعتبار الظروف المحيطة. على سبيل المثال عند إنخفاض حجم مبيعات شركة ما فإن البحث يبدأ من الأسباب التى أدت إلى مثل هذا الإنخفاض.

## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

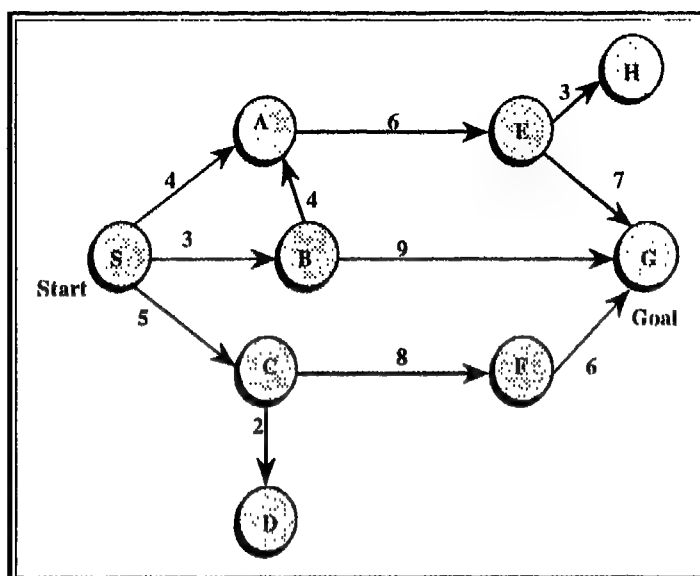
وفى مجال الذكاء الاصطناعى ، وعلى العكس من الطرق النمطية لحل المشاكل مثل بحوث العمليات وعلم الإدارة أو نظم دعم القرار ، يتم توظيف طرق البحث العشوائية أو الطرق الجدسية فى محاولة البحث عن حل لمشكلة معينة ولذلك تمكن الإنسان من التعامل مع بعض المشاكل المعقدة التى فشلت فى حلها طرق البرمجة النمطية. وسوف نتناول بالشرح هاتين الطريقتين نظرا لأهميتهما ولكن يلزم قبل ذلك معرفة كيفية تمثيل المشكلة ( Problem Representation ) فى الذكاء الاصطناعى قبل تناول طرق البحث عن حلها.

### ٢ - ٤ تمثيل المشكلة فى الذكاء الاصطناعى

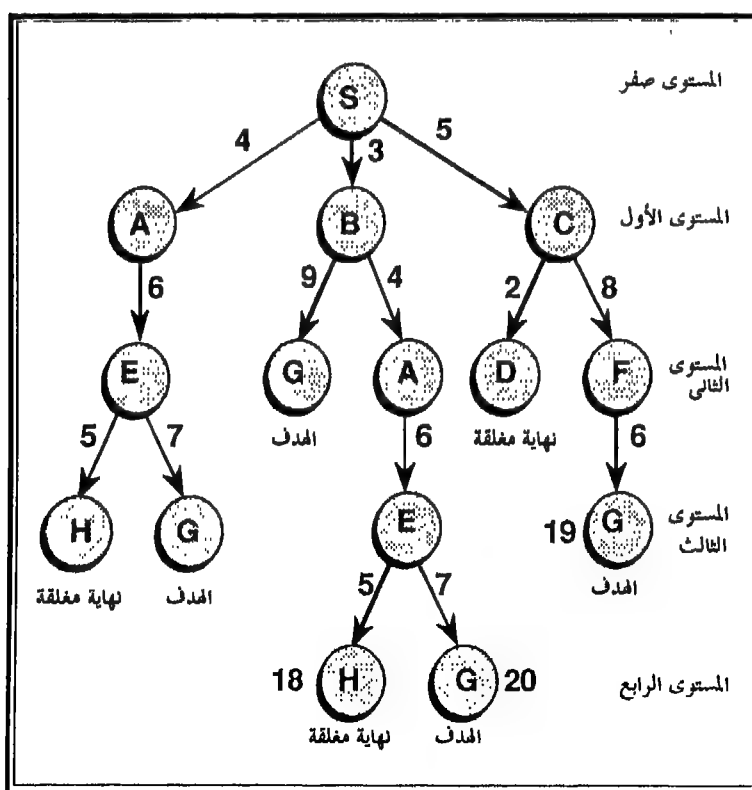
١- التمثيل الجرافيكى : هناك طريقتان للتمثيل الجرافيكى للمشكلة ، طريقة الحالة الموجهة وطريقة الشجرة البحثية والشكل ( ٢- ٤ ) يوضح الحالة الموجهة ( Directed State Graph ) وكيفية إستخدامها لإيجاد أفضل وأحسن المسارات بين المدينة ( S ) أو ( Start ) والمدينة ( G ) أو الهدف ( Goal ). وهذا الشكل هو عبارة عن خريطة توضح المدن المجاورة ممثلة باستخدام عقد ( Nodes ) والتى يمكن المرور عليها عند سلوك مسار معين والذى يمثل بخط آخره سهم يشير إلى نقطة الوصول أثناء محاولة الوصول إلى المدينة ( G ). وهناك العديد من البدائل فى هذه المشكلة ويجب تحديد أكثر هذه البدائل أهمية وليكن الوصول إلى الهدف فى أقل وقت ممكن أو إستخدام أقصر الطرق. ويمثل الوقت ( Time ) أو مسافة السفر ( Distance ) بين المدن برقم على الخط الواصل بينهم كما فى الشكل. ويلاحظ من هذا التمثيل إحتمال وجود مسار مغلق مثل المسار ( S - B - A ) والذى يؤدى إلى الدخول فى حلقة تكرارية مغلقة ( Closed Loop ) لايمكن الخروج منها عند برمجة هذه الطريقة وهذا يعنى مزيدا من الحرص عند القيام بعمليات البرمجة. لذلك يفضل إستخدام الشجرة البحثية كما يتضح من الشكل ( ٢- ٥ )

وتشبه هذه الشجرة فى بنائها التركيب الهرمى ( Hierarchy Structure ) ويلاحظ تكرار بعض العقد ( Nodes ) لتجنب الحلقات التكرارية ( Repeated Loops ) السابق شرحها. وتتكون الشجرة من عقدة الجذر ( Root Node ) والتى يتفرع منها عقد أخرى يسمى كل منها ابن ( Child ) وهذه العقد موجودة فى مستويات مرتبة تنازليا تبدأ بالمستوى صفر والذى يمثل العقدة الجذر ثم باقى المستويات والتى تحدد بدورها عمق الشجرة. وكل عقدة فى مستوى أعلى تعتبر أب ( Parent ) للعقدة المرتبطة بها فى المستوى الأدنى. على سبيل المثال العقدة ( S ) تعتبر أب بالنسبة للعقد ( A , B , C ) والعقدة ( A ) بدورها تعتبر أب للعقدة ( E ) وهكذا. والعقد التى ليس لها أبناء تسمى عقد ورقية ( Leaf Nodes ) وهى تحدد نهاية البحث فى مسار معين إما بالوصول إلى الهدف ( G ) أو الوصول إلى نهاية مغلقة ( Dead End ).

### تمثيل المشاكل ووسائل حلها



شکل (۲-۴)

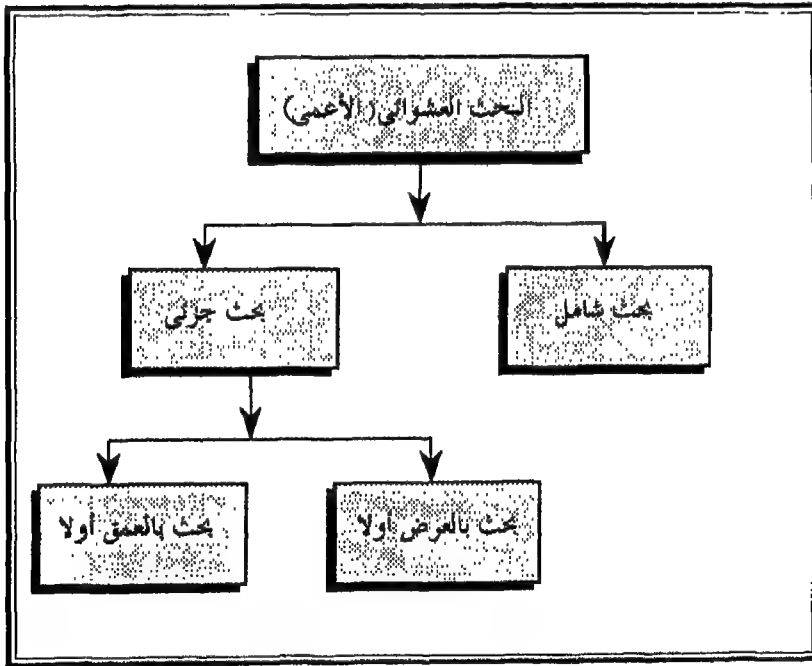


شکل (۲-۵)

وتساعد الطرق الجرافيكية لتمثيل المشكلة في الفهم المنطقي لعمليات البحث عن حل وتحديد أى من الطرق السابق ذكرها يمكن إستخدامه. وفيما يلي شرح لأسلوب البحث المتبع في كل طريقة مع التمثيل الجرافيكى للمشكلة.

## ٢ - ٥ طرق البحث العشوائى ( الأعمى )

كما سبق أن ذكرنا فإن طرق البحث العشوائى أو الأعمى هى عبارة عن مجموعة من الإجراءات التى تستخدم بعشوائية للبحث خلال نطاق معين من الحلول المتاحة عن أنسب هذه الحلول كذلك سبق أن ذكرنا أن هذه الطريقة تنقسم إلى طريقة للبحث الشامل ( Exhaustive Search ) وطريقة للبحث الجزئى ( Partial Search ) والتى يمكن تقسيمها إلى طريقة البحث بالعرض أولا ( Breadth First ) وطريقة البحث بالعمق أولا ( Depth - First ) ، انظر شكل ( ٦-٢ ) .



شكل ( ٦-٢ )

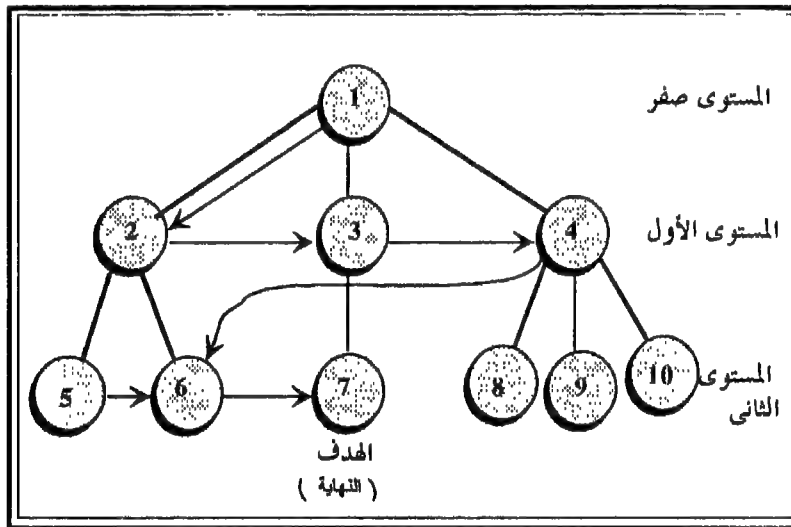
وتهدف طريقة البحث الشامل إلى اختبار كل الشجرة البحثية بطريقة مرتبة ومتسلسلة للحصول على الحل المطلوب. وتستهلك هذه الطريقة وقتا كبيرا في عملية البحث حتى في وجود الحاسبات السريعة. على سبيل المثال عدد التحركات الممكنة في لعبة الشطرنج هى  $(10^{20})$  حركة وعند استخدام طريقة البحث الشاملة يجب اختبار كل هذه التحركات لاختيار أمثلها مما يعنى إستهلاك



## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

وقت كبير جدا فى عملية البحث قبل تحديد هذا الإختيار لهذا يلجأ الإنسان إلى طريقة البحث الجزئية بنوعيتها للتغلب على هذه المشكلة.

وفى طريقة البحث بالعرض أولا يتم اختبار كامل للعقد الموجودة فى نفس المستوى فى الشجرة البحثية بدءا بالعقدة الجذر. والشكل ( ٢-٧ ) يوضح طريقة البحث بالعرض أولا حيث يشير الرقم داخل كل عقدة إلى ترتيب العقدة أثناء عملية الإختبار ويشير الخط المتقطع لمسار الإختبار والذى ينتهى عند العقدة رقم ( ٧ ) وهى محطة الوصول إلى الهدف. أما طريقة البحث بالعمق أولا ( Depth - First Search ) فتبدأ بالعقدة الجذر ثم باتجاه العمق مروراً بكل المستويات حتى المستوى الأخير وتستمر هذه العملية حتى نصل إلى الحل المطلوب. والشكل ( ٢-٨ ) يوضح طريقة البحث بالعمق أولا.



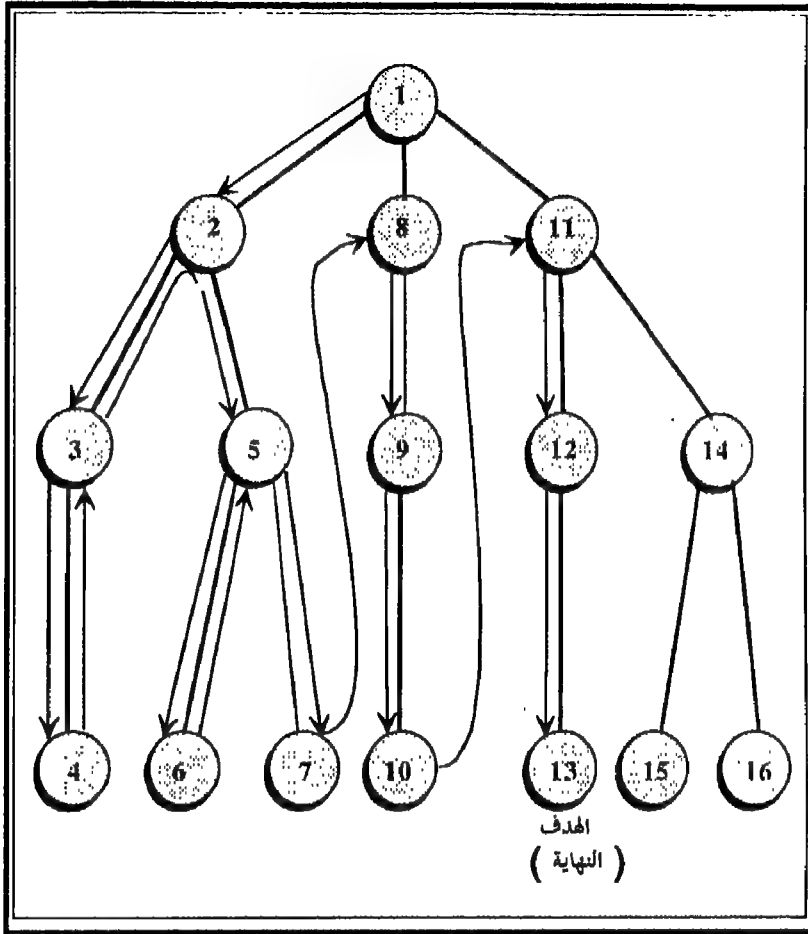
شكل ( ٢-٧ )

## ٢ - ٦ طرق الحدس

تستخدم طرق البحث الحدسى للتغلب على مشكلة الزيادة الكبيرة فى عدد المرات اللازمة للبحث فى الطرق العشوائية قبل الوصول إلى الحل المناسب. وهذه الطرق تتميز بمرونة فائقة تساعدنا فى التعامل مع التراكيب الصعبة والمشاكل المعقدة وهى أيضا ذات كفاءة عالية فى الحالات التى تكون فيها البيانات غير مطابقة للواقع ( Unrealistic ) أو غير كافية. وتتميز هذه الطرق بقدرة على التحليل النوعى ( Qualitative Analysis ) لذلك فهى تلائم حالات إتخاذ القرار. كما يمكن إستخدامها كجزء من إجراء تكرارى ( Iterative Procedure ) لضمان الوصول إلى الحل الأمثل والمناسب.

## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

وعند تمثيل المشكلة باستخدام الشجرة البحثية تؤدي طرق الحدس إلى إنقاص حجم الشجرة وذلك بحذف العقد التي لا يتوقع أن تساعد في الوصول إلى الحل ( Non Promising Nodes ).



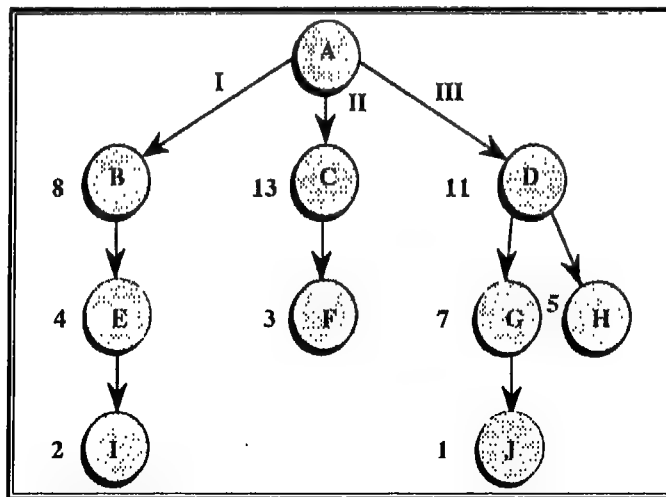
شكل ( ٢ - ٨ )

على سبيل المثال : عند البحث عن شخص مفقود في البحر فإن عملية البحث لا تتم في البحر كله. وذلك لأن هناك عوامل المد والجزر وسرعة الرياح واتجاهها وهذه العوامل تساعد في تحجيم منطقة البحث. ورغم أن هذه الطريقة لا تضمن العثور على الشخص المفقود ولكنها تعطي نتائج جيدة في معظم الحالات وتوفر الوقت والجهد اللازمين لعملية البحث. وهذه الطريقة ليست من الطرق المثلى ( Optimal ) في الحل لذلك يطلق عليها الطريقة التي تعطي حلولاً جيدة وبدرجة كافية ( Good Enough ). وتتمثل المشكلة التي تواجه الإنسان عند استخدام هذه الطريقة في تحديد العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار والعوامل التي يمكن إهمالها. ويمكن التغلب على هذه

## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

المشكلة باستخدام إحدى الطرق التمثيلية ( Representative Approaches ) وهو ماتوفره طرق الحدىس.

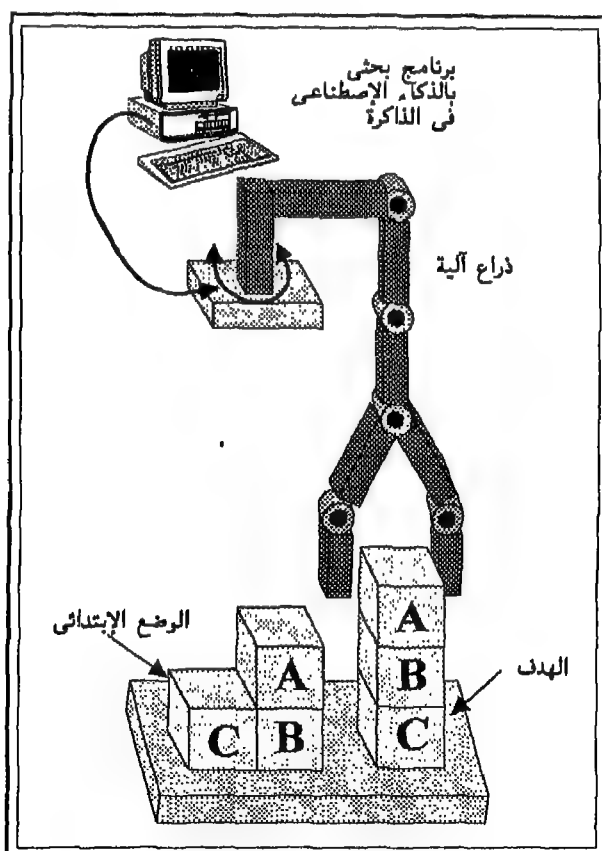
وهناك العديد من طرق الحدىس نذكر منها طريقة التوليد والإختبار ( Generate and Test ) حيث يتم توليد عدد من الحلول عن طريق إستخدام مجموعة من القواعد ( Rules ) ثم اختبار هذه الحلول لاختيار أحسنها. وهناك أيضا طريقة تسلق الهضاب ( Hill Climbing ) وهى تشبه طريقة البحث العشوائى بالعمق أولا ولكن المسارات لا يتم اختيارها بعشوائية ولكن عن طريق علاقتها التقريبية بالحل المنشود. والشجرة البحثية فى شكل ( ٢ - ٩ ) توضح هذه الطريقة من خلال مثال لعملية إنتاج منتج معين حيث يلاحظ أن كل عملية من عمليات الإنتاج ( I , II , III ) يمكن أن تستمر لعدة مراحل ولذلك توجد ثلاثة مستويات من العقد ( Nodes ) تمثل حالات مختلفة للمنتج وبجانب كل عقدة رقم يوضح عدد القطع المنتجة التى بها عيوب وعدد هذه القطع يقل بزيادة عدد مستويات التمثيل والهدف هو إيجاد طريقة للإنتاج بأقل عدد من القطع التى بها عيوب تصنيع. فإذا كان هذا العدد هو ( ٢ ) فإن طريقة البحث العشوائى بالعمق أولا توصل إلى الحل بسرعة عن طريق المسار ( A - B - E - I ) أما إذا كان العدد المطلوب هو ( ١ ) فإن طريقة البحث العشوائى بالعمق تؤدي إلى المرور على كل العقد فى الشجرة لذلك نستخدم طريقة تسلق الهضاب حيث يتم مقارنة العقد ( B , C , D ) ونبدأ البحث فى الفرع ( I ) حيث يوجد أقل عدد من القطع ذات العيوب ( ٨ قطع ). ونتيجة عدم إكتشاف أى عقد تحقق الهدف يتم العودة إلى الفرع ( III ) لأن العدد الخاص بالعقدة ( D ) ( ١١ ) قطعة أقل من العدد الخاص بالفرع ( II ). وينتقل البحث من ( D ) إلى ( H ) ثم يعود مرة ثانية إلى ( D ) ثم إلى المسار ( D - G - J ) حيث يصل إلى الهدف المنشود ويلاحظ أن البحث لم يسلك المسار ( A - C - F ) وهذا يعنى أن هذه الطريقة أسرع من طريقة البحث العشوائى.



شكل ( ٢ - ٩ )

## ٣ - ٢ مثال لعملية بحث

لفهم طريقة شجرة البحث في تمثيل عملية البحث سوف نتناول بالشرح المثال الآتي : الذراع الآلية الموضحة في شكل ( ٢ - ١٠ ) يمكن التحكم فيها عن طريق الحاسب والمطلوب إستخدامها لتحريك المكعبات من الوضع الابتدائي ( A - C - B ) إلى الوضع النهائي ( A - B - C ) الموضح بالشكل. فإذا كانت كل حركة نقل تؤدي إلى نقل مكعب فوق مكعب آخر أو فوق سطح المكتب فإن شجرة البحث الكاملة لهذه المشكلة يمكن تكوينها أي تحليل كل التحركات الممكنة بدءا من الوضع الابتدائي ووصولاً إلى الهدف كما يتضح من الشكل ( ٢ - ١١ ). ويلاحظ أن العقدة ( ١ ) يتم الحصول عليها بتحريك المكعب ( A ) من سطح المكعب ( B ) إلى سطح المكتب والعقدة ( ٢ ) نحصل عليها بنقل المكعب ( A ) إلى ( C ) والعقدة ( ٣ ) بنقل ( C ) إلى ( A ) وهكذا حتى نحصل على باقي العقد.

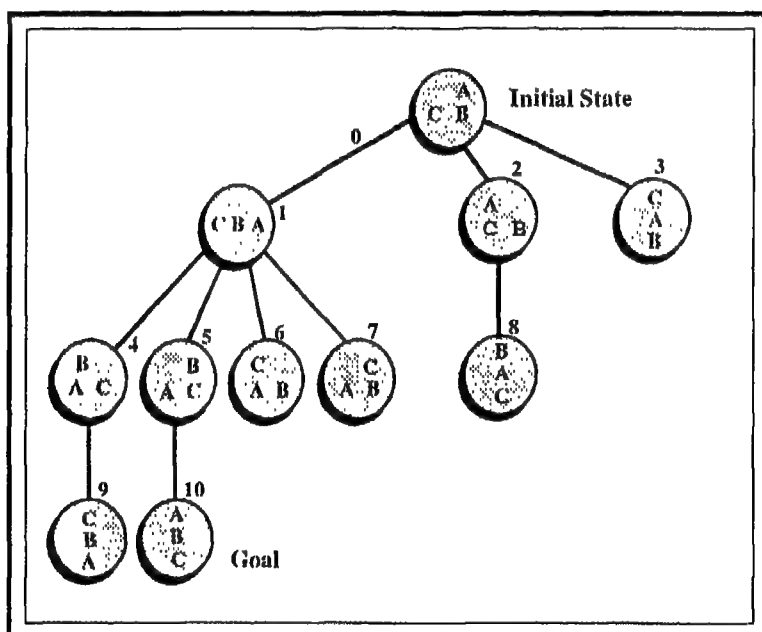


شكل ( ٢ - ١٠ )

## تمثيل المشاكل ووسائل حلها

وتقوم فكرة البحث على أساس الوصول إلى الهدف بأقصى سرعة ممكنة وبأقل عدد من التحركات. فباستخدام طريقة البحث بالعمق أولاً ( Depth First ) يكون المسار هو ( 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 ) وبطريقة العرض أولاً ( Breadth First ) يكون المسار هو ( 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 ).

أي أن الطريقة الأولى تعطى الحل بعد الانتقال عبر ٧ عقد بينما تعطى الطريقة الثانية نفس الحل بعد ١٠ عقد وهذا يعني أن طريقة البحث بالعمق أولاً أسرع من طريقة البحث بالعرض أولاً وأقل تكلفة.



شكل ( ٢-١١ )



٢

الجزء الثانى



هندسة المعرفة  
( Knowledge Engineering )





## مقدمة

فى الجزء الأول أوضحن أن الذكاء الاصطناعى هو أحد علوم الحاسب التى تهتم بإنشاء برمجيات ومكونات مادية قادرة على محاكاة السلوك البشرى. أو بمعنى آخر هو علم يهدف إلى محاكاة بعض عمليات الإدراك والإستنتاج المنطقى التى يجيها الإنسان بشكل آلى وسرعة عالية كذلك إنجاز العديد من المهام الصعبة والمعقدة التى كانت تتم يدوياً وذلك باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعى المتقدمة.

وتشمل معظم تطبيقات الذكاء الاصطناعى ( AI ) عمليات معالجة المعرفة ( Knowledge Processing ) التى تعتبر جزءاً من موضوع أشمل يطلق عليه هندسة المعرفة ( Knowledge Engineering ) وينتج عن معالجة المعرفة تكوين ما يطلق عليه قاعدة المعرفة ( Knowledge Base ).

ويمكن تعريف هندسة المعرفة على أنها فن استخدام المبادئ ( Principles ) والأدوات ( Tools ) الخاصة بأبحاث الذكاء الاصطناعى لحل مشاكل التطبيقات الصعبة التى تحتاج لمعلومات الخبراء ( Experts ) لحلها. وتعتبر آلية إكتساب هذه المعرفة وتمثيلها واستخدامها بطريقة مناسبة لبناء وشرح طرق الإستنتاج المنطقى من العوامل الهامة جداً فى مجال هندسة المعرفة وخاصة مجال النظم المبنية على المعرفة ( Knowledge - Based Systems ).

وتشمل هندسة المعرفة مهماً عديدة تبدأ بجمع المعرفة من الناس أو من المصادر الموثقة ( Documented Sources ) فى عملية تسمى إكتساب المعرفة وهى إما يدوية ( Manually ) أو آلية ( Automatic ) ثم تنظم هذه المعرفة المجموعة فى قاعدة المعرفة. والإستفادة من هذه المعرفة تتم باستخدام أسلوب الإستنتاج المنطقى ( Reasoning ) أو الإستدلال ( Inferencing ) أو الإجراءات ( Procedures ).

وتتم معالجة المعرفة بفرض قدر معين من الثقة أو المصادقية ( Certainty ) وهناك العديد من الإجراءات المتاحة لمعالجة المعرفة غير المؤكدة ( Uncertain Knowledge ) سيتم استعراضها فى هذا الجزء.

ومن الأهداف الرئيسية لهندسة المعرفة بناء برامج مستقلة تتيح التغيير والإضافة في وحدة مستقلة واحدة دون التأثير على عمل باقي الوحدات الأخرى المستقلة. ويعنى ذلك فصل تراكيب المعرفة ( Knowledge Structures ) عن آليات التحكم ( Control Mechanisms ). وهناك هدف رئيسي آخر هو الحصول على برنامج يستطيع شرح وتحقيق عمل معين.

ونجاح نظم الذكاء الاصطناعي لا يعتمد فقط على المعرفة المكتسبة بل على طريقة تمثيل هذه المعرفة في الحاسب وهذا التمثيل هو الذى يحدد طريقة الإنتاج المنطقي المتبعة.

ويتكون هذا الجزء من أربعة فصول حيث يعالج الفصل الأول عملية إكتساب المعرفة ويوضح أنواع المعرفة ومصادر المعرفة ومصاعب إكتساب المعرفة ووسائل التغلب على هذه المصاعب والمهارات المطلوبة لمهندس المعرفة والطرق المختلفة لإكتساب المعرفة والأدوات المساعدة المستخدمة في ذلك. ثم ينتقل الفصل الثانى إلى تمثيل المعرفة والوسائل المختلفة لذلك مثل التمثيل المنطقي والشبكات الدلالية والقوائم والأشجار وقواعد الإنتاج والهيكل أو الأطر. وينتقل الفصل إلى شرح عملية الإستدلال والشرح في نظم الذكاء الاصطناعي ويوضح أنواع الإنتاج مثل الإنتاج الإستنباطي والاستنتاج الإستقرائي والإستنتاج التناظري كما يشرح التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع وشجرة الإستدلال والشرح. وينتقل الفصل الرابع إلى مفهوم عدم المصادقية ( Uncertainty ) ويوضح طرق تمثيل عدم الثقة مثل التمثيل العددي والتمثيل الجرافيكى والتمثيل المرمز وكذلك طرق معالجة عدم الثقة وبعض النظريات المستخدمة لذلك مثل نظرية بايزمان ونظرية الدليل لديمبستر وشيفر ومعاملات الثقة ومنطق فازى.

# الفصل الثالث

## إكتساب المعرفة

( Knowledge Acquisition )



## اكتساب المعرفة

يمكن النظر إلى عملية إكتساب المعرفة على أنها عملية إستخراج وبناء وتنظيم المعلومات من مصدر أو أكثر. وتعتبر هذه العملية من وجهة نظر الباحثين والمطورين بمثابة عنق الزجاجة بالنسبة لعمليات تطوير النظم الخبيرة ( ES ) ونظم الذكاء الاصطناعي ( AI ) الأخرى.

## ٣ - ١ هندسة المعرفة ( Knowledge Engineering )

يمكن تعريف نشاطات هندسة المعرفة على أنها فن استخداام المبادئ ( Principles ) والأدوات ( Tools ) الخاصة بأبحاث الذكاء الاصطناعي لحل مشاكل التطبيقات الصعبة التى تحتاج لمعلومات الخبراء ( Experts ) لحلها. وتعتبر آلية إكتساب هذه المعرفة وتمثيلها واستخدامها بطريقة مناسبة لبناء وشرح طرق الإنتاج المنطقى من العوامل الهامة جدا فى مجال هندسة المعرفة وخاصة مجال النظم المبنية على المعرفة ( Knowledge - Based Systems ).

ويمكن النظر إلى هندسة المعرفة من زاويتين، زاوية تفصيلية وزاوية إجمالية. من الزاوية التفصيلية، تتعامل هندسة المعرفة مع إكتساب المعرفة، التمثيل، التحقيق، الشرح، الصيانة والإستنتاج. أما من الزاوية الإجمالية فإن هندسة المعرفة تقوم بوصف العملية الكاملة لتطوير واستمرارية وصيانة نظم الذكاء الاصطناعي. ولتحقيق فائدة كبيرة للقارىء سوف نركز فى هذا الجزء على ما يتعلق بنظرتنا لهندسة المعرفة من الزاوية التفصيلية.

تشتمل هندسة المعرفة على التعاون بين الخبراء العاملين فى نطاق هندسة المعرفة لترتيب ووضع القواعد، أو أى طرق إجرائية أخرى تستخدمها الخبرة الإنسانية لحل المشاكل الواقعية. ودائما ما يكون لهندسة المعرفة تأثير متضامن لأن معالجة المعرفة التى يقوم بها الخبراء تكون دائما غير مبنية وليست مشروحة بوضوح. لذلك ظهرت الحاجة إلى بناء قاعدة معرفة لمساعدة الخبراء فى صياغة معرفة كل منهم وتحليل الاختلاف بينهم.

ومن الأهداف الرئيسية لهندسة المعرفة بناء برامج مستقلة تتيح التغير والإضافة فى وحدة مستقلة واحدة دون التأثير على عمل باقى الوحدات الأخرى المستقلة. ويعنى ذلك فصل تراكيب المعرفة ( Knowledge Structures ) عن آليات التحكم ( Control Mechanisms ). وهناك هدف رئيسى آخر هو الحصول على برنامج يستطيع شرح وتحقيق عمل معين.

## اكتساب المعرفة

ونجاح نظم الذكاء الاصطناعي لا يعتمد فقط على المعرفة المكتسبة بل على طريقة تمثيل هذه المعرفة فى الحاسب وهذا التمثيل هو الذى يحدد طريقة الإنتاج المنطقى المتبعة.

### ٣ - ١ - ١ مكونات عملية هندسة المعرفة

تشمل عملية هندسة المعرفة خمسة نشاطات يمكن تلخيصها فى الآتى :

#### ١ - إكتساب المعرفة ( Knowledge Acquisition )

يشمل هذا النشاط إكتساب المعرفة من الخبراء ، الكتب ، الوثائق ، أدوات الإستشعار ( Sensors ) أو ملفات الحاسب. ويمكن توصيف المعرفة لتناسب نطاق مشكلة معينة والطرق الإجرائية لحل هذه المشكلة أو يمكن توصيفها كمعرفة عامة.

#### ٢ - تمثيل المعرفة ( Knowledge Representation )

المعرفة المكتسبة يتم تنظيمها بعملية تسمى تمثيل المعرفة والتي تشمل إعداد خريطة المعرفة ( Knowledge Map ) وحل وتشفير المعرفة الموجودة فى قاعدة المعرفة.

#### ٣ - تصحيح المعرفة ( Knowledge Validation )

يتم تصحيح وتحقيق المعرفة الموجودة فى القاعدة باستخدام حالات اختبار ( Test Cases ) للوصول إلى جودة مقبولة.

#### ٤ - الإستدلال ( Inference )

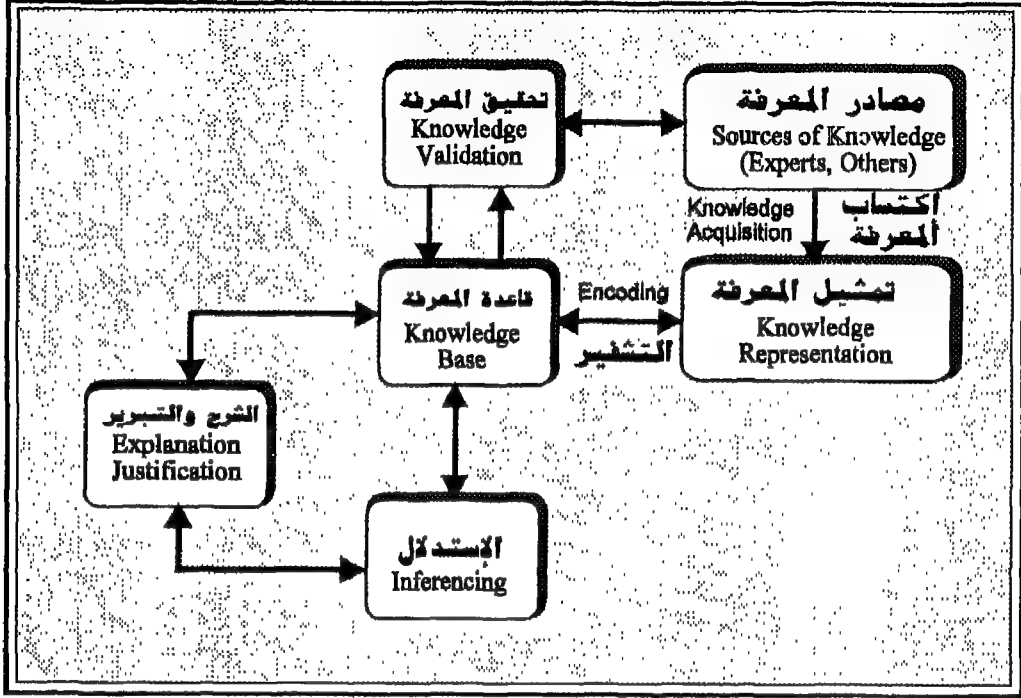
يشمل هذا النشاط تصميم البرمجيات التى تمكن الحاسب من القيام بعمليات الإستدلال المبنية على المعرفة ثم إساء النصح للمستخدم فى موضوع معين.

#### ٥ - الشرح والتبرير ( Explanation and Justification )

يحتوى هذا النشاط على تصميم وبرمجة القدرة على الشرح. على سبيل المثال : القدرة على برمجة الإجابة على الأسئلة مثل لماذا يحتاج الحاسب إلى معلومات معينة ؟ وكيف يمكن الوصول إلى إستنتاج معين عن طريق الحاسب ؟

## اكتساب المعرفة

وهكذا فإن نشاطات هندسة المعرفة والعلاقات بين هذه النشاطات يمكن تمثيلها كما يتضح من الشكل (١-٣).



شكل (١-٣)

### ٢ - ١ - ٣ مجال المعرفة ( Scope of Knowledge )

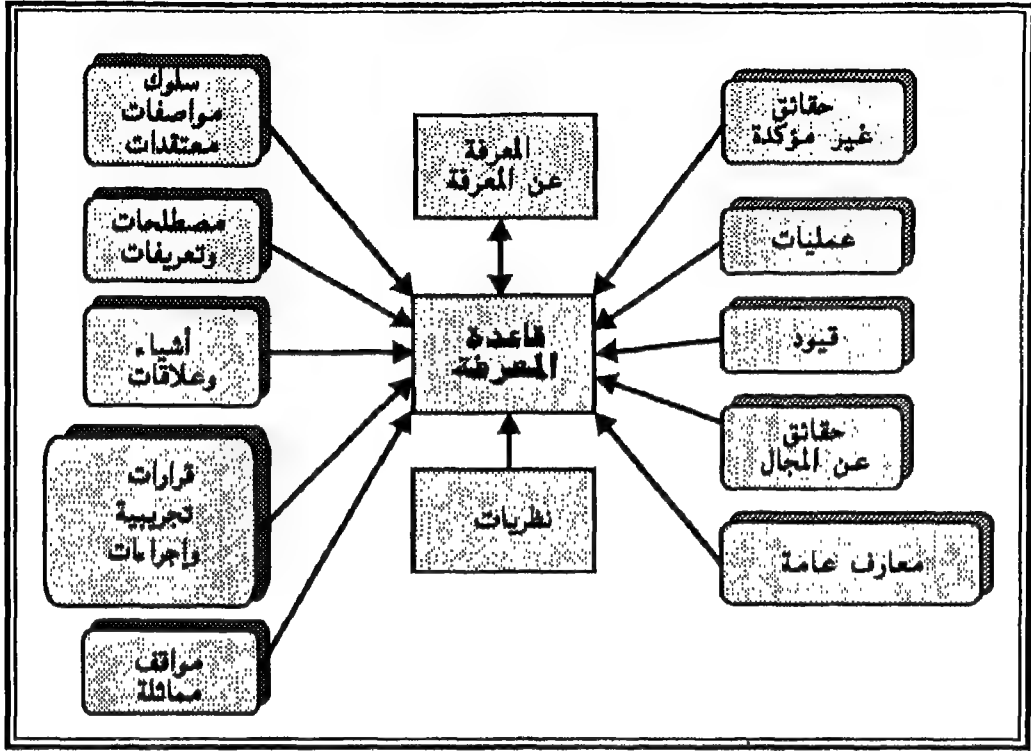
إكتساب المعرفة هو استخراجها من مصادر الخبرة ونقلها إلى قاعدة المعرفة أو إلى آلة الاستدلال ( Inference Engine ) وتتم عملية الإكتساب فى الواقع خلال عملية التطوير بالكامل. والمعرفة هى تجميع للحقائق الخاصة والإجراءات والقواعد الحاكمة ( Judgment Rules ) والشكل (٢-٣) يوضح بعض أنواع المعرفة المستخدمة فى نظم الذكاء الاصطناعى وهى إما من مصدر واحد أو عدة مصادر.

### ٣ - ١ - ٣ مصادر المعرفة ( Sources of Knowledge )

تتم عملية تجميع المعرفة من عدة مصادر مثل الكتب، الأفلام، قواعد البيانات، الصور، الخرائط، مخططات الأنسياب، القصص، أو السلوك المراقب. وهذه المصادر يمكن تقسيمها إلى نوعين : مصادر موثقة ومصادر غير موثقة التى تخزن وتبقى فى

## اكتساب المعرفة

ذاكرة الإنسان. ويمكن استخدام حواس الإنسان أو الآلات فى تجميع وتعريف المعرفة ويعتبر تعدد مصادر المعرفة وتنوعها من أسباب صعوبة إكتساب هذه المعرفة.



شكل (٣-٢)

## ٣ - ١ - ٤ مستويات المعرفة

هناك مستويات للمعرفة يمكن تصنيفها حسب عمق المعرفة إلى المعرفة الضحلة ( Shallow Knowledge ) والمعرفة العميقة ( Deep Knowledge ).

### ١ - المعرفة الضحلة ( السطحية ) ( Shallow Knowledge )

هذه المعرفة تمثل العلاقات بين المدخلات والمخرجات للنظام مثل التمثيل باستخدام جملة الشرط ( IF - THEN )

IF gasoline tank is empty THEN car will not start

والتمثيل السطحي محدد جدا وليس له صلة مباشرة بنظرة الخبراء للنطاق وحل المشكلة لعدم قدرته على وصف المواقف المعقدة.



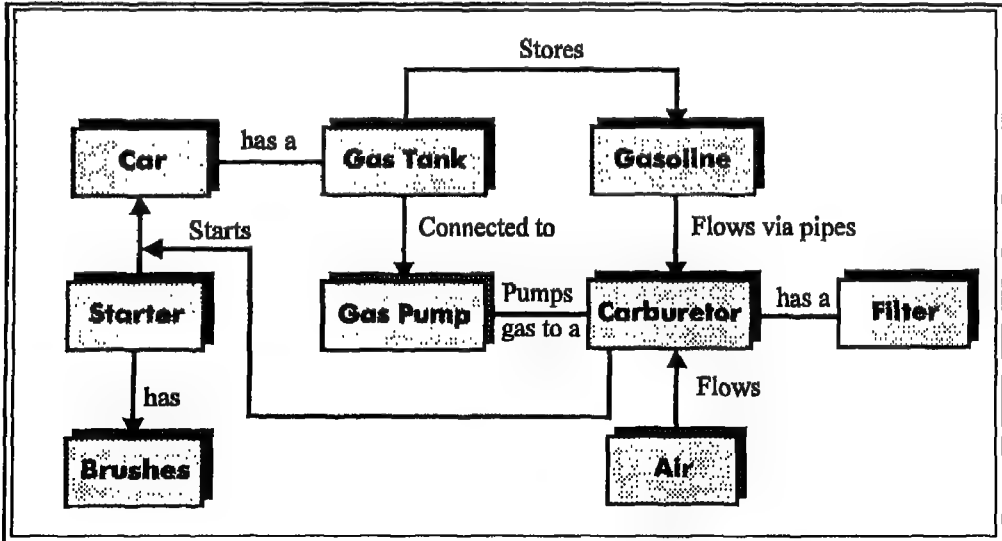
## اكتساب المعرفة

### ٢ - المعرفة العميقة ( Deep Knowledge )

تعتمد حلول الإنسان للمشاكل التي تواجهه على المعرفة العميقة للموقف. وتشير المعرفة العميقة دائماً إلى البناء الداخلي والبناء السببي للنظام ( Causal Structure ) وتأخذ في الاعتبار التفاعل بين مكونات النظام. وتبنى المعرفة العميقة على الجسم المتكامل المترابط ( Cohesive ) للوعي الإنساني الذي يحتوى على المشاعر والأحاسيس المشتركة والمعرفة الفورية.

وهذا النوع من المعرفة صعب برمجته لذلك يجب على مصمم النظام الإلمام والفهم التام والكامل للعناصر الأساسية وتداخلها بنفس الطريقة الطبيعية المستخدمة لإنتاجها. وحتى الآن لم يستطع الإنسان إنجاز مثل هذه المهمة ولذلك يوجد بعض القصور في إمكانية تمثيل المعرفة العميقة بطريقة كاملة تعتمد على الحاسب.

ومع ذلك فإن تمثيل هذا النوع من المعرفة باستخدام الحاسب تم بطريقة أعمق بكثير من تمثيل المعرفة السطحية. ولتوضيح ذلك نرجع ثانية إلى مثال السيارة السابق. لمعرفة المستوى الأعمق الذي يمثل العلاقة بين عدم وجود بنزين والسيارة التي لا تستطيع الحركة يلزم معرفة الأجزاء المختلفة للسيارة التي يمر خلالها البنزين مثل الأنابيب، المضخة، المرشحات، ... الخ. والشكل ( ١٤ - ٣ ) يوضح رسماً تخطيطياً لمثل هذا النظام.



شكل ( ٣ - ٣ )

## اكتساب المعرفة

ولتمثيل هذا النظام والمعرفة الخاصة به بطريقة عملية فإننا نستخدم طريقة تمثيل خاصة مثل الأطر أو الهياكل ( Frames ) والشبكات الدلالية ( Semantic Networks ). وهذه الطرق تسمح بتنفيذ الإستنتاج المنطقى ومستويات عميقة باستخدام التجريد ( Abstraction ) والتناظر ( Analogy ).

## ٣ - ١ - ٥ أصناف المعرفة ( Categories of Knowledge )

يمكن تصنيف المعرفة فى خمسة فئات هى :

### ١ - المعرفة المعلنة ( Declarative Knowledge )

هى تمثيل وصفى ( Descriptive ) للمعرفة يدلنا على حقائق عن ماهية الأشياء ( What things are ? ) ويعبر عنها فى جمل حقيقية مثل " هناك علاقة إيجابية بين التدخين والسرطان ". ويقوم خبراء النطاق ( Domain Experts ) بإخبارنا بالحقائق والعلاقات. وهذا النوع من المعرفة يعتبر من الأنواع السطحية ( Shallow ) التى يمكن للخبراء صياغتها. وتظهر أهمية المعرفة المعلنة فى المراحل الابتدائية ( Initial Stages ) من مراحل إكتساب المعرفة.

### ٢ - المعرفة الإجرائية ( Procedural Knowledge )

تهتم المعرفة الإجرائية بالحالات التى تعمل بها الأشياء تحت ظروف مختلفة. على سبيل المثال : إحسب النسبة بين قيمة النصيب والمكسب لكل نصيب ( Earning per Share ) وإذا كانت هذه النسبة أكبر من ( ١٢ ) إفحص واختبر جدول الموازنة.

هكذا تحتوى المعرفة الإجرائية على مراحل تتم خطوة خطوة ووفقا لتعليمات معينة ومحددة ويمكن أيضا أن تحتوى على شرح وتوضيح وأيضا على رد الفعل الآلى ( Stimuli ) ويمكن استخدامها فى معرفة كيفية استخدام المعرفة المعلنة فى عمليات الإستدلال ( Inferences ).

### ٣ - المعرفة الدلالية ( Semantic Knowledge )

تعكس المعرفة الدلالية التركيب الإدراكى ( Cognitive Structure ) الذى يستخدم الذاكرة الدائمة. وهذه المعرفة تكون حول الآتى :

## اكتساب المعرفة

- الكلمات والرموز الأخرى.
- معاني الكلمات والرموز وقواعد استخدامها.
- مراجع الكلمات والرموز والعلاقات الداخلية بينها.
- خوارزميات تشغيل الرموز.

### ٤ - المعرفة الذاتية ( Episodic Knowledge )

هى تاريخ الحياة مكتوبا بواسطة شخص ما ، به خبرته الشخصية وهى معرفة كامنة فى الذاكرة الدائمة وعادة يتم تصنيفها حسب الزمان والمكان.

### ٥ - المعرفة المزدوجة ( Metaknowledge )

هى المعرفة عن المعرفة. فمثلا فى نظم الذكاء الاصطناعى يعنى هذا المصطلح المعرفة عن عمل النظم المبنية على المعرفة أى المعرفة عن مدى قدرتها على الإستنتاج المنطقى.

## ٢ - ٣ مصاعب إكتساب المعرفة

إن عملية نقل المعلومات من شخص لآخر يشوبها بعض الصعوبات. ويستخدم لذلك آليات عديدة منها الكلمات المكتوبة ، الصوت ، الصور ، الموسيقى وكلها آليات ليست كاملة. والمصاعب التى يواجهها الإنسان فى نقل المعلومات باستخدام نظم الذكاء الاصطناعى كثيرة ومتنوعة وفيما يلى شرح مبسط لهذه المصاعب.

### ٣ - ٢ - ١ المشاكل المصاحبة لنقل المعرفة

#### ١ - التعبير عن المعرفة

عند حل مشكلة معينة يقوم الخبراء بإجراء عملية من خطوتين. أولا ، يقوم الخبراء بوضع معلومات عن العالم الخارجى داخل العقل ، هذه المعلومات يتم جمعها عن طريقى الحواس أو يتم استرجاعها من الذاكرة. ثانيا ، يستخدم الخبراء وسائل معينة لمعالجة هذه المعلومات للحصول على نتائج تكون عبارة عن توصيات ( Recommendations ). وهذه العملية عملية داخلية لا يشرح فيها الخبير وسيلته فى اتخاذ القرار أو خبراته الداخلية المساعدة فى ذلك. وصعوبة ذلك تكمن فى اعتماد الخبير على إحساسه الشخصى ، أفكاره ، ذاكرته ، مشاعره . ولأن الخبير غالبا لا يدرك

## اكتساب المعرفة

تفاصيل هذه العملية ويستخدم طرقاً عديدة ومختلفة فى حل مشاكل الحياة الحقيقية فهو لا يستطيع تحديد خطوط واضحة لعملية الإنتاج المنطقى التى يقوم بها.

### ٢ - نقل المشكلة إلى الآلة

تنظيم المعلومات بطريقة معينة يستدعى نقلها إلى الآلة. وتحتاج الآلة إلى شرح مفصل للمعلومات أكثر مما يحتاج الإنسان. ولأن الإنسان لا يستطيع ذهنياً إستحضار كل الخطوات اللازمة لعملية معالجة المعرفة وبطريقة فورية لذلك يحدث عدم توافق ( Mismatch ) بين الحاسبات والخبراء.

### ٣ - عدد المشاركين

فى النقل العادى للمعرفة يوجد مشاركان فقط هما المرسل والمستقبل أما فى نظم الذكاء الاصطناعى فيوجد أربعة مشاركين بالإضافة إلى الحاسب، وهم الخبير ( Expert )، مهندس المعرفة ( Knowledge Engineer )، مصمم النظام ( System Designer ) وأخيراً المستخدم ( User ) وأحياناً يوجد مشاركون آخرون مثل المبرمجين. هؤلاء المشاركون لهم خلفيات علمية مختلفة ويستخدمون أساليب غير متشابهة ويتفاوتون فى مهاراتهم وحصيلاتهم المعرفية.

وهؤلاء المشاركون يكمل بعضهم البعض فمثلاً الخبير يمكن أن تكون معرفته بالحاسب ضئيلة كما أن مهندس المعرفة يمكن أن يكون غير ملم بنطاق المشكلة ( Problem Area ). وهذا يؤدى فى بعض الأحيان إلى صعوبة التفاهم بين هؤلاء المشاركين مما يؤثر فى كفاءة نقل المعرفة.

### ٤ - بناء تراكيب المعرفة

فى نظم الذكاء الاصطناعى ليس من الضرورى فقط إستقرار المعرفة ولكن أيضاً طريقة بنائها. لذلك يجب تمثيل المعرفة فى صورة قواعد أو تراكيب وهذا يمثل أحد القيود المفروضة على عملية تمثيل المعرفة.

### ٥ - أسباب أخرى

من الأسباب الأخرى لصعوبة عملية نقل المعرفة مايلى :

- عدم توفر الوقت لدى الخبراء أو عدم رغبتهم فى التعاون.
- تعقيد عملية اختبار وتحسين المعرفة.
- عدم دقة تعريف طرق استخراج المعرفة.

## اكتساب المعرفة

- عدم رغبة مصممي النظام في تنويع مصادر المعرفة والإكتفاء بمصدر واحد مما يسبب نقص في المعرفة.
- صعوبة تمييز معرفة معينة عند خلطها ببيانات غير مرتبطة بالموضوع.
- تغيير الخبراء لسلوكهم عند مراقبتهم أو مقابلتهم.
- وجود بعض المشاكل الشخصية بين مهندس المعرفة والخبير.

### ٣ - ٢ - ٢ التغلب على المصاعب المصاحبة لنقل المعرفة

هناك العديد من المحاولات التي تمت للتغلب على المصاعب السابق ذكرها. على سبيل المثال بدأت الأبحاث الخاصة بأدوات إكتساب المعرفة تركز على سبل زيادة توافق التمثيل بين الخبراء والبرنامج تحت التطوير. والمحاولة هنا تكمن في تطوير برنامج قادر على تقبل النصيحة كما يحدث بالنسبة للإنسان. وقدرة النظم الخبيرة على إنجاز مثل تلك المهام تكون محدودة جدا.

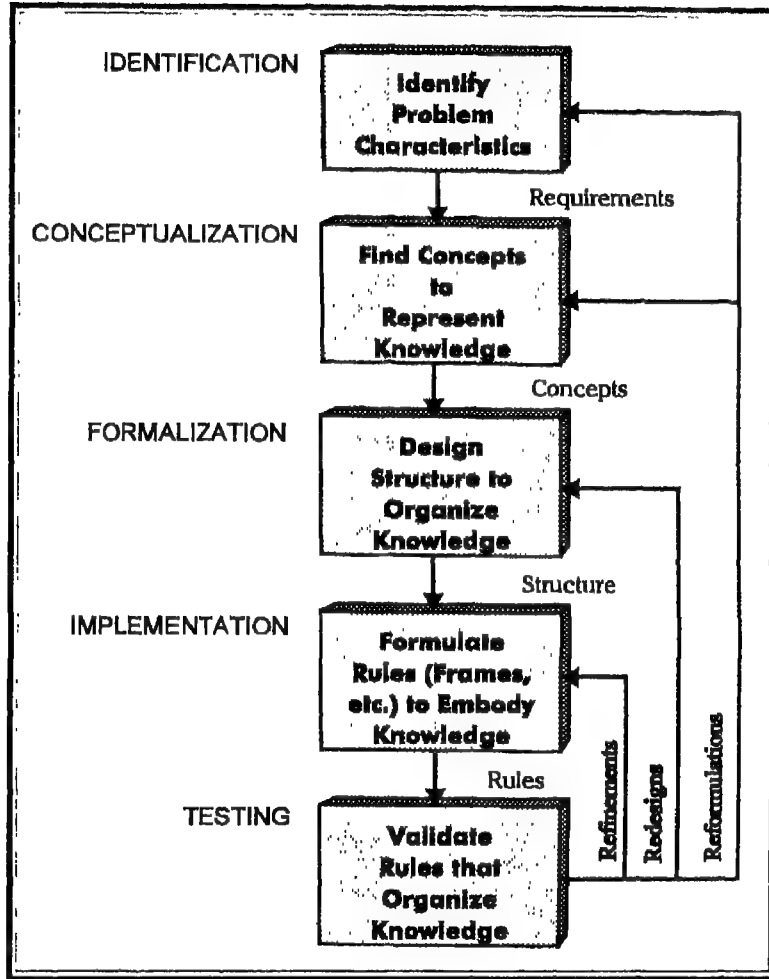
وهناك طرق أخرى لتسهيل التوافق بين الخبراء والبرنامج منها أن يتعامل الخبراء مع البرنامج باستخدام اللغات الحية وذلك عن طريق تطوير تمثيل المعرفة باستخدام الحاسب وخاصة المعرفة التي يسهل التعبير عنها أو تمثيلها بلغة مكافئة للإنجليزية. بالإضافة إلى ذلك فإن بعض الصعوبات يمكن تجنبها أو حذفها بأدوات إكتساب المعرفة المبنية على الحاسب (Computer-Aided Knowledge Acquisition Tools) وباستخدام المجهود المكثف والمتكامل للإكتساب.

### ٣ - ٢ المهارات المطلوبة لمهندسي المعرفة

يحتاج استخدام الحاسب في إكتساب المعرفة إلى مهندس معرفة له من المؤهلات والخبرات ما يساعد على تذليل الصعوبات السابق ذكرها. لذلك فإن هناك قائمة بالصفات والمهارات المطلوبة في مهندس المعرفة وهي: الدقة، التعامل مع الحاسب بكفاءة من حيث البرمجة والمكونات المادية، قدرة اتصال فعالة، الحساسية، سياسة، حسن تصرف، تعليم واسع المجال، مهارات إجتماعية متقدمة، قدرة سريعة على التعلم، تفهم للمنظومات والأشخاص، خبرة واسعة في هندسة المعلومات، ذكاء، صبر، تفكير منطقي، ثقة بالنفس، قدرة على عمل أشياء متعددة. هذه المتطلبات تؤدي إلى صعوبة توفير مهندسي معرفة يملكون المهارات المطلوبة كما تؤدي إلى زيادة التكاليف نتيجة لارتفاع الأجور الخاصة بهؤلاء المهندسين.

## ٣ - ٤ خطوات إكتساب المعرفة

يمكن النظر إلى عملية إكتساب المعرفة على أنها عملية مكونة من خمسة خطوات كما يتضح من الشكل (٤-٣)



شكل (٤-٣)

### ١ - التعريف ( Identification )

هي مرحلة تعريف المشكلة وخواصها الأساسية حيث يتم تقسيم المشكلة إلى مشاكل فرعية إذا دعت الحاجة لذلك ويتم أيضا تعريف المشاركين من خبراء ومستخدمين و... إلخ بالإضافة إلى تحديد مصادر المعرفة. ويدرس مهندس المعرفة الوقت اللازم لعملية إكتساب المعرفة وتؤخذ موافقة جماعية على جدوى تطبيق نظام الذكاء الاصطناعي.

## اكتساب المعرفة

### ٢ - تحديد المبادئ ( Conceptualization )

المعرفة المتصلة بالمواقف التي تستدعي إتخاذ قرار يمكن أن تتباين لذلك كان من الضروري تعريف المبادئ والعلاقات المستخدمة عن طريق الإجابة على بعض الأمثلة مثل :

- ماهى المعارف المستخدمة وكيفية تمثيلها فى قاعدة المعرفة ؟
- هل تعتبر القواعد فى مجال تمثلى جيد ؟
- ماهو السبيل لاستخراج معرفة معينة ؟

### ٣ - الصياغة ( Formalization )

المعرفة المكتسبة يتم تمثيلها فى قاعدة المعرفة كما سبق الإيضاح. ويمكن أن تحدد طريقة تنظيم وتمثيل المعرفة أسلوب إكتساب هذه المعرفة فمثلا فى النظم المبنية على القواعد يجب تنظيم المعرفة على هيئة قواعد. وفى مرحلة التشكيل يحدث تداخل بين اكتساب المعرفة وتمثيلها. وهذه المرحلة صعبة جدا لأنها تتضمن إستخراج المعرفة من الخبر بالإضافة إلى اختيار البرمجيات والمكونات المادية.

### ٤ - التنفيذ ( Implementation )

فى هذه المرحلة يتم برمجة المعرفة داخل الحاسب. ومع ذلك فإن عمليات التنقية والتحسين للمعرفة تستمر عن طريق عمليات إكتساب إضافية أو عمليات تعديل. وهذه المرحلة تشهد تطوير نموذج أولى ( Prototype ) للنظام الخبر.

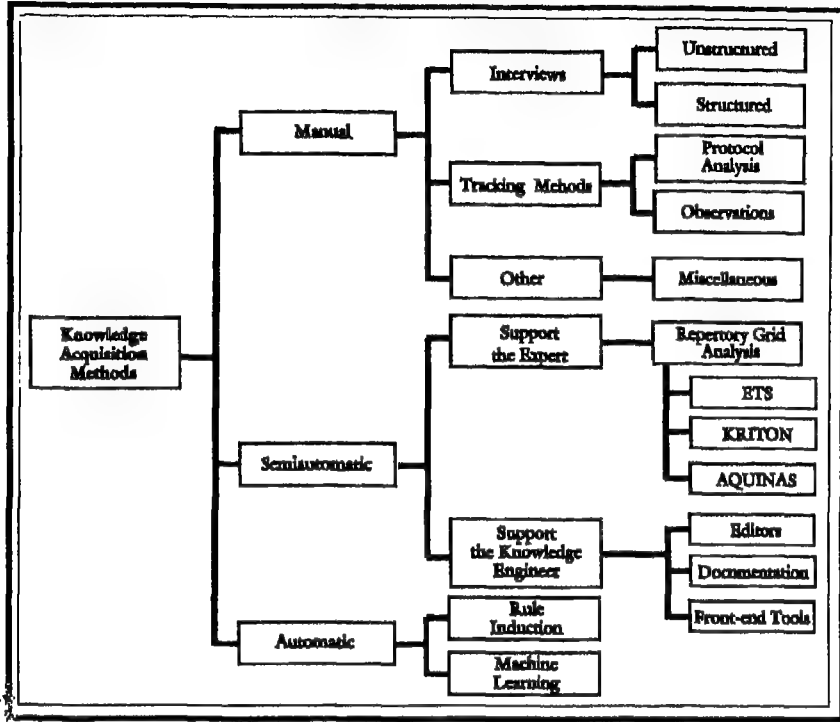
### ٥ - الإختبار ( Testing )

وهى المرحلة الأخيرة وفيها يقوم مهندس المعرفة باختبار النظام عن طريق مجموعة من الأمثلة. ويقوم الخبر بفحص النتائج ويتم تعديل القواعد أو الأطر (Frames) إذا دعت الحاجة لذلك.

وكما يتضح من الشكل ( ٣-٤ ) فإن كل مرحلة تحتوى على إجراء دائرى أو عملية تكرارية ( Iteration ) يقوم فيها مهندس المعرفة بإعادة تشكيل، إعادة تصميم، وتنقية النظام بطريقة ثابتة. وخلال الوقت اللازم لعملية إكتساب المعرفة فإن مهندس المعرفة يعمل دائما بمصاحبة خبر النطاق أو المجال.

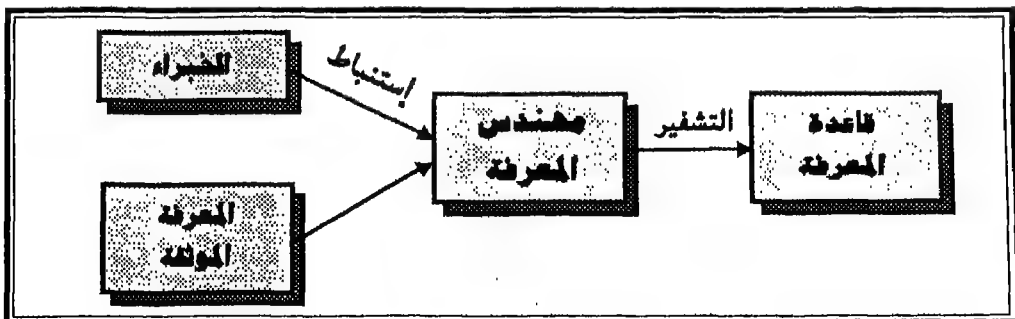
## ٣ - ٥ نظرة عامة على طرق إكتساب المعرفة

يمكن تصنيف طرق إكتساب المعرفة إلى ثلاثة طرق : طريقة يدوية ، طريقة نصف آلية ، طريقة آلية. والشكل (٣-٥) يوضح هذه الطرق.



شكل (٣-٥)

والطرق اليدوية مبنية على المقابلات ( Interviews ) حيث يقوم مهندس المعرفة باستخراج المعرفة من الخبير أو من مصادر أخرى ثم يتولى تشفيرها في قاعدة المعرفة وهذه العملية موضحة في شكل (٣-٦).



شكل (٣-٦)

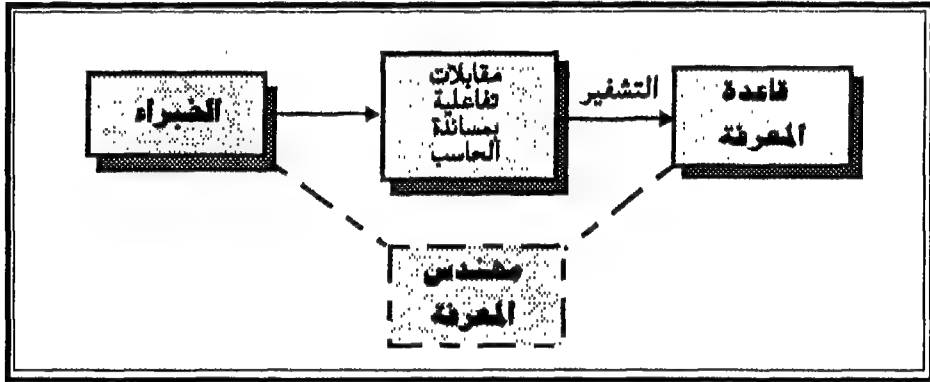


## اكتساب المعرفة

وهناك ثلاث طرق يدوية رئيسية هي المقابلات ( مقابلات مبنية ، نصف مبنية ، غير مبنية ) ومتابعة عملية التفكير المنطقية وأخيرا الملاحظة. وهذه الطرق اليدوية بطيئة ومكلفة وأحيانا غير دقيقة لذلك يفضل دائما الطرق الآلية كلما سنحت الفرصة لذلك.

وتنقسم الطرق نصف الآلية إلى مجموعتين :

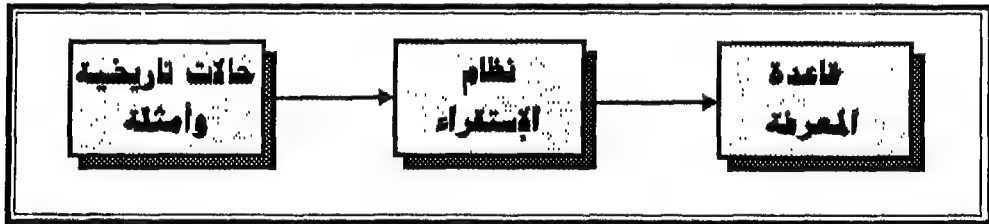
- طرق تسمح بمساعدة الخبراء بالسماح لهم ببناء قاعدة معرفة دون الحاجة إلى مساعدة مهندسى المعرفة ، أنظر شكل ( ٧-٣ ).



شكل ( ٧-٣ )

- طرق تسمح بمساعدة مهندسى المعرفة بالسماح لهم بالقيام بالمهام الضرورية بطريقة أكثر فاعلية وكفاءة.

أما فى الطرق الآلية فإن دور مهندسى المعرفة والخبير يختفى ، أنظر شكل ( ٨-٣ ). هذه الطرق سيتم شرحها بمزيد من التفصيل فى الأجزاء التالية.



شكل ( ٨-٣ )

## ٢ - ٦ المقابلات ( Interviews )

من أنواع طرق إكتساب المعرفة الشائعة الإستخدام طريقة تحليل المقابلات ( Interview Analysis ) التى تتم بين الخبير ومهندس المعرفة حيث تسجل هذه المقابلات ثم تحلل وتشفر.

## اكتساب المعرفة

وفى المقابلة يتحدث الخبير إلى مهندس المعرفة عن طريقة حل مشكلة حقيقية مشابهة لتلك التى سيقوم النظام الخبير ( ES ) بحلها. ومن عيوب طريقة المقابلة أنها يمكن أن تكون مملة ( Tedious ) أو غير مفيدة لذلك يجب أن يتمتع مهندس المعرفة بالمهارات التى سبق ذكرها حتى يستطيع وضع أكثر المطالب أهمية فى نطاق الخبير الذى لايقوم فقط بعرض خبرته بل أيضا بالتعبير عنها.

وتحتاج هذه الطريقة إلى أدوات تتصف بالمرونة وسهولة الحمل ( أجهزة تسجيل ، أوراق ، أفلام ... الخ ) ويمكن أن تؤدى إلى الحصول على كم كبير من المعلومات إذا كان مهندس المعرفة على درجة عالية من الكفاءة والتدريب. وهناك نوعان من المقابلات : مقابلات غير مبنية ومقابلات مبنية.

### ٣ - ٦ - ١ المقابلات غير المبنية ( Unstructured Interviews )

معظم مقابلات اكتساب المعرفة تتم بطريقة غير رسمية كنقطة بداية. وهذه البداية توفر الوقت لأنها تساعد على الوصول السريع للتركيب الأساسى للنطاق. يتبع هذه البداية الطرق الرسمية لاكتساب المعرفة. ونادرا ماتقدم المقابلات غير المبنية وصفا كاملا أو منظما للعمليات الإدراكية ( Cognitive Processes ) لعدة عوامل منها :

- ☐ شدة تعقيد نطاقات النظم الخبيرة ولهذا فإن مهندس المعرفة والخبير يجب أن يعدا لظروف المقابلة بفاعلية.
- ☐ الصعوبة التى يواجهها خبراء النطاق فى التعبير عن بعض أو كثير من عناصر معرفتهم.
- ☐ عدم ارتباط البيانات وتفاوت مستوى تعقيد هذه البيانات ممايتسبب فى عدم قدرة مهندس المعرفة على مراجعة تعديل أو العمل على تكامل هذه البيانات.
- ☐ نقص خبرة مهندس المعرفة نتيجة عدم التدريب الكافى مما يؤثر على كفاءة المقابلة.

وتكتسب المعلومات فى المقابلات غير المبنية خطوة خطوة حيث يقوم مهندس المعرفة ببناء تمثيل للمعرفة من وجهة نظر الخبير ويغطى كل الخواص المميزة للمشكلة التى يتناولها الخبير ، مثل البيانات ، مدخلات الحقول الثابتة ... الخ.

## ٣ - ٦ - ٢ المقابلات المبنية ( Structured Interviews )

تعد المقابلات المبنية من العمليات الروتينية الموجهة إلى الهدف ( Goal-Oriented ) . فهي تؤدي إلى تقوية الاتصالات المنظمة بين مهندس المعرفة والخبير . وتؤدي بنائية المقابلة إلى تقليل التشتت والتداخل المصاحب للمقابلات الغير مبنية بسبب موضوعية خبير النطاق . ولكي يتم إعداد المقابلة المبنية ( Structured Interview ) يجب تنفيذ عدد من الإجراءات يمكن تلخيصها في الآتي :

- ☐ يقوم مهندس المعرفة بدراسة الموارد المتاحة في النطاق لتحديد الحدود الرئيسية ( Major Demarcations ) للمعلومات التي لها علاقة بالموضوع المطروح ( Relevant Knowledge ) .
- ☐ يقوم مهندس المعرفة بمراجعة قدرات النظام الخبير المخطط ويحدد الأهداف التي سيتم السؤال عنها خلال حلقة إكتساب المعرفة .
- ☐ يقوم مهندس المعلومات بالتخطيط للمقابلات المبنية تبعا لجدول زمني محدد وتشمل عملية التخطيط الوصول إلى الترتيبات الطبيعية ، تحديد أهداف حلقة إكتساب المعرفة ، تحديد أو تحسين المساحات الرئيسية للإستفسارات .
- ☐ يقوم مهندس المعرفة بكتابة نماذج للأسئلة ويركز فيها على نوع السؤال ومستواه وطرق الإستفسار .
- ☐ يتأكد مهندس المعلومات من فهم خبير النطاق لأغراض وأهداف حلقة إكتساب المعلومات ويشجع الخبير على التحضير المسبق للمقابلة .
- ☐ خلال المقابلة يقوم مهندس المعلومات بمتابعة خطوات العمل .
- ☐ خلال المقابلة يستخدم مهندس المعلومات التحكم الموجه ( Directional Control ) للمحافظة على بناء المقابلة .

ونتيجة للطبيعة الخاصة لكل مقابلة فإنه يصعب تقديم خطوط مرشدة وجيدة لها لهذا تظهر أهمية العلاقات الشخصية ومهارات التحضير التي يجب أن يتمتع بها مهندس المعرفة . ومع ذلك يوجد العديد من الخطوط المرشدة وقوائم المراجعة التي تخدم حلقة إكتساب المعرفة .

وأخيرا يمكن القول أن طرق المقابلة بالرغم من أنها شائعة لكن لها الكثير من المساوئ منها عدم الدقة في جمع المعلومات ، وجود الكثير من القواعد المقيدة لمهندس المعرفة الذي يعقد المقابلة ، اعتماد نتائج المقابلة على قدر كبير من خبرة

## اكتساب المعرفة

مهندس المعرفة التى تختلف من مهندس لآخر لذلك يجب التخطيط للمقابلة بحرص وعناية كما أن نتيجة المقابلة يجب أن تخضع لمنهجيات التحقيق والصحة.

### ٣ - ٧ طريقة التتبع ( Tracking Method )

طريقة التتبع هى من الآليات التى تحاول تتبع عملية الإستنتاج المنطقى للخبير عند محاولته الوصول إلى توصيات معينة لحل مشكلة ما وهذه الطريقة إما مصوغة ( Formal ) او غير مصوغة ( Informal ). ومن أكثر الطرق المصوغة شيوعا هى طرق التحليل الوثائقى ( Protocol Analysis ) ويقصد بها مجموعة الطرق التى تعتمد على الوثائق فى تحليل طرق الإستنتاج المنطقى للخبير ( Verbal Protocol Analysis ).

وفى هذه الطرق يقوم مهندس المعرفة باكتساب المعرفة بكل تفاصيلها من الخبير وتطلق كلمة ( Protocol ) على السجل أو الوثيقة التى تحتوى على عملية المعالجة التى يقوم بها الخبير خطوة خطوة وسلوكه فى اتخاذ القرار وهى تشبه المقابلة ولكنها أكثر رسمية وروتينية حيث يطلب من الخبير إجراء مهمة أو حل مشكلة حقيقية معينة ثم يقوم بكتابة عملية التفكير المنطقى المرتبط بهذه المهمة وصولا إلى إيجاد حل أو توصية مرتبطة بها. ويطلب مهندس المعرفة من الخبير التفكير بصوت عالى ( Think Aloud ) أثناء إجراء المهمة أو حل المشكلة وهو تحت الملاحظة وعادة يتم تسجيل الصوت المصاحب لكل تفاصيل هذه العملية وتسجيل السلوك المصاحب لعملية إتخاذ القرار. وهذا التسجيل يصبح سجلا ( Record ) أو وثيقة ( Protocol ) للسلوك العملى للخبير. وفى النهاية يتم نسخ التسجيل كتابة لاستخدامه فى أى تحليلات أخرى ثم تشفيره بواسطة مهندس المعرفة.

وعلى العكس من طريقة المقابلات فإن طريقة التحليل الوثائقى تشمل مرحلة واحدة للإتصالات بين مهندس المعرفة والخبير حيث يقوم مهندس المعرفة بتحضير الحوار والتخطيط للعملية. وخلال حلقة الإكتساب يقوم الخبير بالحديث أثناء استخدام البيانات لحل المشكلة وفى نفس الوقت يقوم مهندس المعرفة بالإستماع وتسجيل العملية وفى النهاية يجب أن يكون المهندس قادرا على تحليل وتعديل وبناء الوثيقة فى صورة بيانات حتى يستطيع الخبير مراجعتها.

### ٣ - ٨ الملاحظات ( Observations )

فى بعض الأحوال يمكن ملاحظة الخبير أثناء العمل الميدانى وهى طريقة سهلة ومباشرة لاكتساب المعرفة. والملاحظة يمكن اعتبارها أحد الأنواع التى توفر التوثيق الجيد

## اكتساب المعرفة

وهناك نوعان منها : الملاحظة الحركية ( Motor Observation ) والملاحظة لحركة العين ( Eye Movement ). فى النوع الأول يتم ملاحظة وتسجيل السلوك الحركى للخبير أثناء حل المشكلة مثل المشى ، الكلام ، حركة اليد .. الخ. وفى النوع الثانى يتم تسجيل حركة العين لمعرفة أى نوع من البيانات يركز فيه الخبير ورد فعل العين فى مراحل حل المشكلة. وطرق الملاحظة من الطرق المكلفة والمستهلكة للوقت لذلك فهى تستخدم لدعم طريقة التحليل الوثائقى.

## ٣ - ٩ طرق يدوية أخرى

هناك العديد من الطرق اليدوية الأخرى التى تستخدم لاكتساب المعرفة من الخبير يمكن تلخيصها فى الآتى :

- تحليل الحالة ( Case Analysis )  
يقوم الخبير بشرح كيفية معالجة حالة مشابهة فى الماضى بالإضافة إلى سؤال المديرين والمستخدمين واستخدام الوثائق التى تم تحليل الموقف السابق فيها.
- التحليل اللحظى ( Incident Analysis )  
تهتم هذه الطريقة بتحليل الحالة المشابهة الحديثة والصعبة أو التى لها مدلول خاص وفيها يتم سؤال الخبير وآخرين.
- الملاحظات المكتوبة ( Commentaries )  
فى هذه الطريقة يطلب مهندس المعرفة من الخبراء أن يعطوا ملاحظات سريعة عما يفعلون.
- الرسم البيانى ( Conceptual Graph )  
تستخدم الرسومات البيانية كأداة فى دعم طرق اكتساب المعرفة الأخرى.
- النموذج الأولى ( Prototype )  
فى هذه الطريقة يتم عمل نموذج أولى للنظام حتى يستطيع الخبراء المشاركة بمعارفهم فيه ونقده وإجراء تعديلات لحظية عليه.
- المقياس متعدد الأبعاد ( Multidimensional Scaling )  
تبدأ هذه الطريقة بتحديد الأبعاد المختلفة للمعرفة ثم يتم وضع هذه المعرفة فى مصفوفة المسافة ( Distance Matrix ) وباستخدام بعض الطرق الرياضية يتم تحليل الأبعاد وترجمتها ثم تكاملها.

### ٣ - ١٠ الطرق المعتمدة على الخبير

فى الطرق السابقة كانت مهمة اكتساب المعرفة تقع على عاتق مهندس المعرفة والذى يحدد بمهارته جودة قاعدة المعرفة. وفى الواقع فإن مهندسى المعرفة ليست لديهم المعرفة الكافية عن النطاق بالإضافة إلى ارتفاع تكلفة عملهم وكذلك بعض المشاكل المرتبطة بالإتصال بالخبراء. لهذا تكون عملية إكتساب المعرفة بطيئة وتحتاج إلى محاولات متكررة للتصحيح والتحقيق والتعلم مما يؤدى إلى ارتفاع تكلفتها.

من هنا جاءت فكرة أن يكون الخبراء أنفسهم هم مهندسو المعرفة حيث يقومون بتشفير خبرتهم الخاصة باستخدام الحاسب فيما يعرف بالطريقة المعتمدة على الخبير ( Expert - Driven ) والتي تؤدى إلى الحد من التشويش فى المعلومات فى حالة صياغتها بواسطة مهندس المعرفة. وهناك بعض الفرضيات اللازمة لتنفيذ هذه الطريقة :

- \* يستطيع الخبير تحديد المتغيرات والعلاقات بينها.
- \* يستطيع الخبير أن يتعلم ويستخدم أدوات فك الشفرة.
- \* يستطيع الخبير استخدام الوسائل المعتمدة على الحاسب لتنفيذ العملية عند الحاجة لذلك.
- \* يستطيع الخبير بناء نموذج مطور للنطاق.

وهناك طريقتان من الطرق المعتمدة على الخبير ، طريقة يدوية وطريقة نصف آلية باستخدام الحاسب.

#### ٣ - ١٠ - ١ الطريقة اليدوية " التقرير الشخصى للخبير "

يمكن أحيانا إستخراج المعلومات من الخبير بطريقة يدوية عن طريق إستخدام تقرير منظم أو توجيه أسئلة إستقصاء. وهناك نوعان من الأسئلة ، أسئلة مفتوحة ( Open - Ended ) تناسب أسلوب إكتشاف المعرفة ويستنتج منها المفاهيم عالية المستوى ، وأسئلة مغلقة ( Close - Ended ) وتكون مبنية بطريقة جيدة فى صورة إستقصاء يسهل الإجابة عليه ولكن كمية المعرفة المكتسبة تكون محدودة. ويستطيع الخبراء تسجيل نشاطهم أو إلقاء محاضرة صغيرة أو كتابة تقرير عن أسلوبهم لحل المشاكل.

وتكشف تقارير الخبراء عادة عن مشاكل عديدة مثل :

## اكتساب المعرفة

- ☐ قيام الخبير بعمل مهندس المعرفة دون تدريب مسبق.
- ☐ تعكس هذه التقارير رأى الخبير عن الكيفية التى يجب إنجاز هذه المهمة بها وليس عن الطريقة الحقيقية لإنجاز هذه المهمة.
- ☐ دائما مايصف الخبراء أفكارا جديدة وغير مستعملة من قبل وسياسات غير مختبرة فى مرحلة إتخاذ القرار لذلك يحدث خلط بين الخبرات السابقة والسلوك الفعلى والمستقبل المثالى لهذا السلوك.
- ☐ يستهلك التقرير فى إعدادة وقتا طويلا مما قد يدفع بالسأم فى نفس الخبير ويكون لذلك أسوأ الأثر على جودة المعلومات داخل هذا التقرير.
- ☐ يجب أن يكون الخبير محترفا فى استخدام منحنيات التدفق وطرق معالجة الوثائق.
- ☐ قد يغفل الخبراء جزاء معيناً من المعرفة وهذا الجزء يمكن أن يسبب الغموض فى التقرير.

ومع وجود هذه المشاكل فإن طريقة التقرير الشخصى للخبير ماتزال طريقة مفيدة وخاصة فى مراحل إكتشاف واكتساب المعرفة الأولية ويمكن التغلب على معظم هذه المشاكل باستخدام الحاسب كما يتضح من الجزء التالى.

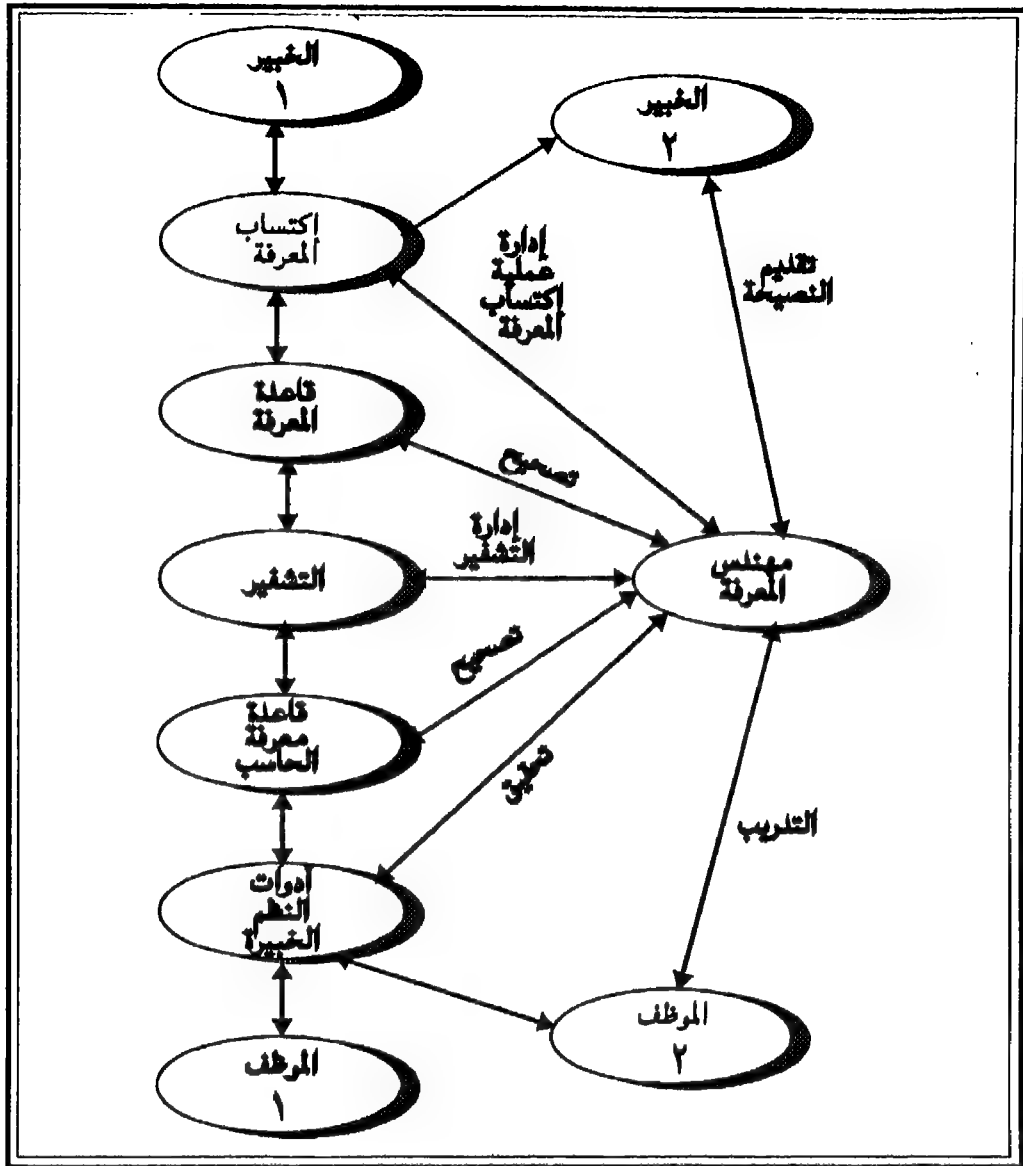
### ٣ - ١٠ - طرق الإكتساب بمعاونة الحاسب

يستخدم الحاسب لمساعدة الخبير فى الحد من المشاكل السابق ذكرها حيث يستخدم فى جمع المعرفة الأولية وتنقيتها بقاعدة المعرفة ثم إضافة المعرفة الجديدة المكتسبة بعد تنقيتها وتصحيحها. وتستخدم طرق الرؤية بالحاسب غالبا فى بناء النموذج الأولى للنطاق بغرض إعطاء المستخدم القدرة على رؤية مشاكل العالم الحقيقى وتشغيل عناصرها عن طريق الأشكال الجرافيكية.

### ٣ - ١١ - دعم مهندس المعرفة

هناك طرق وأدوات تساعد على اكتساب وتشفير المعرفة وتؤدي إلى تقليل الحاجة إلى وقت مهندس المعرفة ومهارته. ومع ذلك مازال لمهندس المعرفة دور رئيسى وهام فى إكتساب المعرفة. والشكل (٣ - ٩) يوضح المهام الرئيسية لمهندس المعرفة والتى يمكن تلخيصها فى الآتى :

## اكتساب المعرفة



شكل (٣-٩)

- ☐ ينصح الخبير عن كيفية استخدام وسائل الاستنباط التفاعلي للمعلومات ( Interactive Elicitation ).
- ☐ كتابة المعرفة المشفرة والغير مشفرة في قاعدة المعرفة بالتعاون مع الخبير.
- ☐ إدارة أدوات اكتساب المعرفة بطريقة مناسبة.
- ☐ إدارة أدوات فك تشفير المعرفة واستخدامها بطريقة مناسبة.



## اكتساب المعرفة

- ☐ تحقيق وتدقيق تطبيق قاعدة المعرفة بالتعاون مع الخبير.
- ☐ تدريب العملاء على الطريقة المثلى والفعالة لاستخدام قاعدة المعرفة مع الخبير عن طريق تطوير طرق إجرائية للتشغيل والتدريب.
- وهكذا يستطيع مهندس المعرفة إستنتاج المعرفة مباشرة من الخبير ثم يستخدم أدوات الإستنتاج الفعالة لإدخال المعرفة المكتسبة إلى قاعدة المعرفة.

## ٣ - ١١ - ١ الأدوات المساعدة لأكتساب المعرفة

هناك العديد من الأدوات التى تم تطويرها لمساعدة عمليات إكتساب المعرفة وفيما يلى أمثلة لبعض هذه الأدوات.

- ☐ الأدوات المساعدة فى تصحيح النصوص ( Editors ) تستخدم فى تسهيل إدخال المعرفة إلى قاعدة المعرفة ومراجعتها مما يقلل من احتمالات الأخطاء. والأدوات الجيدة هى التى تمد المستخدم بوسائل سهلة وسلسلة مع قدرة على التعامل مع الأوامر بطريقة مبسطة. وتقوم هذه الأدوات باختبار الأخطاء والتراكيب اللفظية ومدى ملاءمتها وتوافقها.
- ☐ أدوات الشرح ( Explanation Facilities ) تساعد أدوات الشرح الخبير ومهندس المعرفة والمستخدم فى تنقية وتحسين قاعدة المعرفة. وبالإضافة إلى الأجهزة ذات الأغراض العامة مثل آليات إكتشاف أخطاء التشغيل ( Debugging ) وآليات الملاحظة ( Trace ) هناك وسيلة خاصة للشرح يمكنها على سبيل المثال ملاحظة سلسلة الإستنتاجات المنطقية ( Reasoning ) بعد اكتمالها.
- ☐ أدوات مراجعة قاعدة المعرفة ( Revision Tools ) يمكن إجراء بعض التغييرات فى قاعدة المعرفة باختيار طريقة مناسبة للمراجعة. وحتى يمكن منع إدخال أخطاء جديدة يمكن استخدام أدوات مراجعة مثل أداة اختبار التوافق الدلالى ( Semantic Consistency Checker ) أو أدوات الاختبار الآلية.

## ٣ - ١١ - ٢ الأدوات المساعدة المتكاملة

معظم الأدوات السابقة وغيرها صممت منفصلة على أساس إستخدامها بواسطة خبير أو أى إنسان مشارك فى النظام الخبير لتنفيذ مهمة محددة. ولكن فى الواقع ونظرا لتعدد المشاركين فى النظام الخبير ظهرت الحاجة إلى تكامل

## اكتساب المعرفة

الأدوات المساعدة لاكتساب المعرفة ومن أمثلة هذه الأدوات الذكاء الآلى ( Auto - Intelligence ) ونظام إكتساب وتوثيق المعرفة ( KADS ) وهو اختصار ( Knowledge Acquisition and Documentation System , (KADS) ) وهو نظام يهدف إلى مساعدة مهندس المعرفة فى اكتساب وبناء وتحليل وتوثيق معرفة الخبير وتساعد هذه النظم على زيادة إنتاجية مهندس المعرفة وقد تم تطويرها فى جامعة أمستردام.

## ٣ - ١٢ الإستقراء ( Induction )

كلمة ( Induction ) تعنى طريقة الإستنتاج المنطقى من الأخص إلى الأعم أما فى النظم الخبيرة فهى تعنى عملية توليد قواعد ( Rules ) عن طريق برنامج للحاسب من خلال أمثلة لحالات معطاة. وهى من الطرق الآلية لاكتساب المعرفة.

والنظم المولدة للقواعد ( Rule-Induction Systems ) يتم إعطاؤها أمثلة للمشكلة وهذه الأمثلة نتائجها معروفة. وبعد عدد من هذه الأمثلة تستطيع هذه النظم إستقراء قواعد يمكن تطبيقها على هذه الأمثلة. وهذه القواعد يمكن استخدامها بعد ذلك فى إنشاء حالات مشابهة للأمثلة المعطاة. ويعد الخوارزم بمثابة القلب للنظم المولدة للقواعد والذى يستخدم لتوليد القاعدة من الأمثلة.

وكمثال لقاعدة بسيطة مولدة من خلال مكتب القروض ببنيك ما حيث يشمل طلب القرض معلومات عن طالب القرض مثل مستوى الدخل ، المساعدات ، السن ، عدد الذين يعولهم طالب القرض وتمثل هذه المعلومات الصفات المميزة ( Attributes ) لطالب القرض. وبإعطاء مجموعة أمثلة لكل منها قرار نهائى بالموافقة أو الرفض يمكن إستقراء قاعدة يعمل بها مكتب القروض. وذلك كما يتضح من الجدول التالى :

اسم طالب القرض	الدخل السنوى	المساعدات	السن	عدد الذين يعولهم	القرار
أحمد	٩٦٠	١٠٠	٣٠	٣	نعم
على	١٢٠٠	لا يوجد	٣٥	١	نعم
يوسف	٨٠٠	لا يوجد	٣٣	٢	لا
إبراهيم	٧٠٠	٢٥٠	٤٢	—	نعم

من هذه الأمثلة يمكن توليد ثلاثة قواعد :

## اكتساب المعرفة

- ❧ إقرار القرض إذا كان الدخل أكثر من ١٢٠٠ جنيه.
- ❧ إقرار القرض إذا كان الدخل ٧٠٠ جنيه أو أكثر، السن على الأقل أربعون عاما والمساعدات أكثر من ٢٤٩ جنيه ولا يوجد من يعولهم الشخص.
- ❧ إقرار القرض إذا كان الدخل بين ٧٠٠ و ٩٦٠ جنيه والمساعدات على الأقل ١٠٠ جنيه.

وتساعد نظم استقراء القواعد خبير المجال فى المجالات الأكثر تعقيدا عن طريق إعطاء النظام الخبير مزيدا من الأمثلة واستنباط القواعد الخاصة بها. ومن مميزاتها أيضا أن مصمم النظام لا يشترط أن يكون مهندس معرفة بل قد يكون خبيرا أو محلل نظم. وهذا يوفر الوقت والمال كما يوفر الصعوبات المرتبطة بتشغيل مهندس معرفة يكون عادة من خارج النظام وليست له دراية كافية بعمليات النظام. ومن أهم مميزات نظم استقراء القواعد أنها تساعد على تحسين عملية التفكير عند الخبير.

ورغم المميزات السابقة فإن هناك صعوبات تظهر عند التنفيذ يمكن تلخيصها فى الآتى :

- ☐ بعض برامج الاستقراء تعطى قواعد يصعب على الإنسان فهمها لأن طريقة توصيف المشكلة وصفاتها المميزة وخواصها المستخدمة تختلف عن الطريقة التى يستخدمها الإنسان.
- ☐ بعض برامج استقراء القواعد لاتختار الصفات المميزة ويقوم الخبير بذلك. كذلك لاتستطيع هذه البرامج إكتشاف وجود تشابه فى أداء بعض المتغيرات المستقلة.
- ☐ عملية البحث ( Search ) فى القاعدة المولدة تعتمد على خوارزم خاص قادر على توليد شجرة قرار ( Decision Tree ). هذه الشجرة تساعد على الحد من عدد الأسئلة التى يجب الإجابة عنها قبل الوصول إلى الإنتاج.
- ☐ هذه الطريقة تستعمل بكفاءة فقط مع مشاكل التصنيف (Classification Types) والمبنية على القواعد ( Rule-Based ) وخاصة المشاكل من النوع الذى يحتاج إلى الإجابة بنعم أو لا.
- ☐ عدد المتغيرات ، مثل الاسم ، السن ، ... كما فى المثال السابق يجب أن يكون قليلا. وإذا زادت عن خمسة عشر متغير يلزم استخدام حاسب كبير.
- ☐ عدد الأمثلة اللازمة لاستقراء قاعدة معينة يمكن أن يكون كبيرا جدا.
- ☐ تصلح هذه الطريقة فقط فى حالات التأكد ( Certainty ) .

وبسبب هذه القيود تستخدم طريقة الاستقراء لإيجاد النموذج الأول ( Prototype ) والذى يمكن ترجمته وتحويله إلى نموذج آلى محسن للنظام.

## أمثلة

من البرمجيات التي تستخدم فى عملية الإستقراء باستخدام الحاسب الشخصى ( 1 St. - Class , Level 5 , V P Expert ) ومن الأمثلة التي تستخدم الحاسب الكبير ( TIMM , Knowledge shaper ) وبعض البرمجيات يستخدم مع الحاسب الشخصى أو الكبير مثل ( Rule Master , EX - Tran 7 , BEAGLE ).

ومعظم هذه البرمجيات بالإضافة إلى قدرتها على إستقراء القواعد قادرة أيضا على اختبارها للتأكد من عدم حدوث تعارض منطقي أثناء الإستخدام. كذلك يمكن استخدام بعضها لاستقراء قاعدة معرفة معينة ثم بناء نظام خبير قادر على استخدام هذه المعرفة.

وهكذا نجد أن نظم إستقراء القواعد ( Rule - Induction Systems ) تساعد على خفض عدد وربما الإستغناء عن مهندسى المعرفة والخبراء وهى أدوات بسيطة يمكن استخدامها بعد قليل ضئيل من التدريب. مع هذا ينصح دائما باستخدام مهندسى معرفة حتى فى المجالات التي يتم فيها إستقراء القواعد آليا.

ويمكن دمج مهندس المعرفة أو الخبير بإمكانيات الحاسب فيما يسمى نظام الإستقراء المتفاعل ( Interactive Induction ) وهو نظام يساعد مهندسى المعرفة على إنجاز بعض المهام آليا وبكفاءة عالية. ومن أمثلة النظم التي تجمع إستقراء القواعد واكتساب المعرفة بالتفاعل ( Interactive Acquisition ) نظام الذكاء الآلى ( Auto - Intelligence ). هذا النظام يقوم بتجميع المعرفة من الخبير عن طريق المقابلات المتفاعلة ( Interactive Interviews ) ثم تنظيم هذه المعارف ثم يتم آليا إستقراء قاعدة معرفة مبنية على القواعد ( Rule - Based Knowledge Base ).

## ٣ - ١٣ اختيار الطريقة المناسبة

فيما يلى بعض أهداف نظام إكتساب المعرفة المثالى والتي يجب أخذها فى الاعتبار عند اختيار الطريقة المناسبة لاكتساب المعرفة :

- التفاعل المباشر مع الخبير دون تدخل مهندسى المعرفة.
- يمكن تطبيق النظام على عدد غير محدد من المشاكل وليس مشاكل خاصة فقط.
- يجب أن يحتوى النظام على شرح لطريقة التطبيق لتجنب التدريب المسبق للخبير.
- القدرة على التحليل الدائم أثناء إنجاز العمل لاكتشاف عدم التوافق أو وجود ثغرات فى قاعدة المعرفة.

## اكتساب المعرفة

- القدرة على دمج أكثر من مصدر للمعرفة.
- القدرة على التواصل الإنسانى مثل المحادثة مما يجعل إستخدام النظام ممتعا وجذابا.
- الإتصال السهل مع أدوات النظم الخبيرة العديدة بما يناسب نطاق المشكلة.

ولتحقيق هذه الأهداف من الضروري جعل عملية إكتساب المعلومات آلية فيما يعرف بتعلم الآلة ( Machine Learning ). وهذه الطريقة الآلية مازالت محدودة القدرات وهناك العديد من الأبحاث ومحاولات من المصممين للوصول إلى هذه الأهداف لبناء طريقة مثلى لاكتساب المعرفة.

وقد قدم كثير من الخبراء فى مجال اكتساب المعرفة إقتراحات لكيفية إختيار الطريقة المناسبة منها ربط مستويات المعرفة ( Categories of Knowledge ) بطرق الإكتساب المختلفة. والجدول التالى يوضح بعض الأمثلة :

المعرفة	الطرق المقترحة
المعرفة المعلنة	المقابلات
المعرفة الإجرائية	المقابلات المبنية ، التبّع
المعرفة اللفظية	الملاحظة ، تحليل المهام

ورغم تعدد محاولات الطرق الآلية لاكتساب المعرفة فإن مهندس المعرفة مازال يلعب الدور الرئيسى فى إختيار أفضل الطرق المناسبة لاكتساب المعرفة تبعا للظروف.

ومن العوامل الرئيسية فى تطوير النظم الخبيرة - وبالتالى فى طريقة إكتساب المعرفة - تحديد الخبراء. وهى من المهام المعقدة فى ظل وجود العديد من الآليات المستخدمة والتي تساهم فى الحصول على مخرجات ذات جودة عالية. ومن الأساليب المعتادة لاختيار الخبراء بناء نظام خبير لنطاق ضيق جدا حيث يتم تحديد الخبرة المطلوبة بدقة والتي يمكن أن تتوافر فى خبير واحد. ثم بزيادة النطاق يزداد حجم المشكلة ويعاد تحديد الخبرة المطلوبة فيزيد عدد الخبراء فيما يعرف بتعدد الخبراء ( Multiple Experts ). وتعدد الخبراء يؤدى إلى دمج مميزات الطرق المختلفة للإستنتاج المنطقى وصولا لأنسب الحلول أو التوصيات بالرغم من أنه قد يتسبب فى حدوث إختلاف فى الأداء وتضارب فى وجهات النظر وخصوصا فى حالة تطوير قاعدة معرفة من مصادر مختلفة. ويحدث إختلاف آراء الخبراء نتيجة نقص للمعرفة فى جزئية معينة من المشكلة أو نتيجة عدم المصادقية التى قد تسببها طرق الإحصاء المختلفة أو نتيجة للطرق والأساليب المختلفة التى يتبعها الخبراء فى الإستنتاج المنطقى والتي تعتمد بقلر كبير على خبرتهم العملية وخلفيتهم العلمية.

## اكتساب المعرفة

وهناك العديد من الطرق المستخدمة لتنظيم عمل الخبراء منها العمل منفصلين ( Individual Experts ) أو في مجموعات صغيرة ( Small Groups ) كذلك توجد طرق عديدة لدمج وتكامل آراء الخبراء منها الاحتفاظ بخطوط الإنتاج المنطقى لكل خبير منفصلة ثم اختيار واحد منهم حسب الظروف المعطاة. ويمكن أيضا استخدام الطرق التحليلية ( Analytical Methods ) وجعل عملية الدمج آلية.

## ٣ - ١٤ تحقيق وتدقيق قاعدة المعرفة

### ( Validation and Verification of the Knowledge Base )

تشتمل عملية إكتساب المعرفة على طرق تحكم فى الجودة ( Quality Control ) ممثلة فى عمليات التقييم ( Evaluation ) والتدقيق ( Validation ) والصحة ( Verification ) والهدف من عملية التقييم ( Evaluation ) التأكد من كل قيم نظام الذكاء الاصطناعى وضمان مستوى أداء جيد ومقبول كذلك تشمل عملية تحليل للتأكد من ان النظام يمكن استخدامه ( Usable ) وبكفاءة عالية وتكلفة محدودة.

وعملية التدقيق ( Validation ) هى جزء من عملية التقييم والتي تهتم بأداء النظام ( Performance ) بمعنى التحقق من بناء النظام المناسب القادر على الوصول لمستوى دقة ( Accuracy ) مقبول. أما التدقيق ( Verification ) فهى التأكد من صحة بناء النظام بمعنى صحة أدائه للمهام المنوط بها.

وهذه العمليات من النوع الديناميكي ( Dynamic ) لأنها تتغير فى كل مرة يتغير فيها نموذج النظام الخبير. وبالنسبة لقاعدة المعرفة يجب التأكد من أن لدينا القاعدة المناسبة بمعنى أن المعرفة قد تم بناؤها بطريقة صحيحة. وعمليات التدقيق والتدقيق من العمليات التي يجب تكرارها مرات عديدة خلال عمر النظام. وتطبيق هذه العمليات يستلزم إجراء اختبار للصفات الموضحة فى الجدول الموضح.

والتأكد من صحة المعرفة آليا ( Automated Verification ) يمكن انجازها بنظم الذكاء الآلى ( Auto - Intelligence ) كالآتى :

عند توصيف حالة جيدة باستخدام النظام الخبير يتم إعطاء معامل ثقة ( Confidence Factor ) لكل إختيار وبمقارنة معاملات الثقة بالمعاملات التي يحددها الخبير يمكن قياس دقة النظام الخبير ( Accuracy ) كما تعكسه كل حالة. وبتكرار عملية المقارنة على حالات كثيرة يمكن الوصول إلى مقياس شامل لأداء النظام الخبير.

## اكتساب المعرفة

الوصف	الصفة القياسية
كيف يعكس النظام الواقع ومدى صحة المعرفة داخل قاعدة المعرفة.	الدقة ( Accuracy )
الأخذ في الاعتبار احتمالات تغييرات مستقبلية.	التأقلم ( Adaptability )
إكمال أجزاء المعرفة داخل القاعدة	الإكمال ( Completeness )
درجة تفاصيل المعرفة.	العمق ( Depth )
قدرة قاعدة المعرفة على الإستخدام على نطاق واسع من المشاكل المشابهة.	العمومية ( Generality )
مطابقة المتغيرات والعلاقات بينها للواقع.	الواقعية ( Realism )
صحة جزء من إستنتاجات النظام الخبير بحيث يمكن الإعتماد عليها أو الوثوق بها.	الإعتمادية ( Reliability )
تأثير التغييرات فى قاعدة المعرفة على جودة المخرجات.	الحساسية ( Sensitivity )
مدى فائدة المعرفة ( متغيرات وعلاقات ) للوصول إلى الحل الصحيح.	الفائدة ( Usefulness )
التحقق من قدرة قاعدة المعرفة على إعطاء إستنتاجات صحيحة.	التحقق ( Validity )

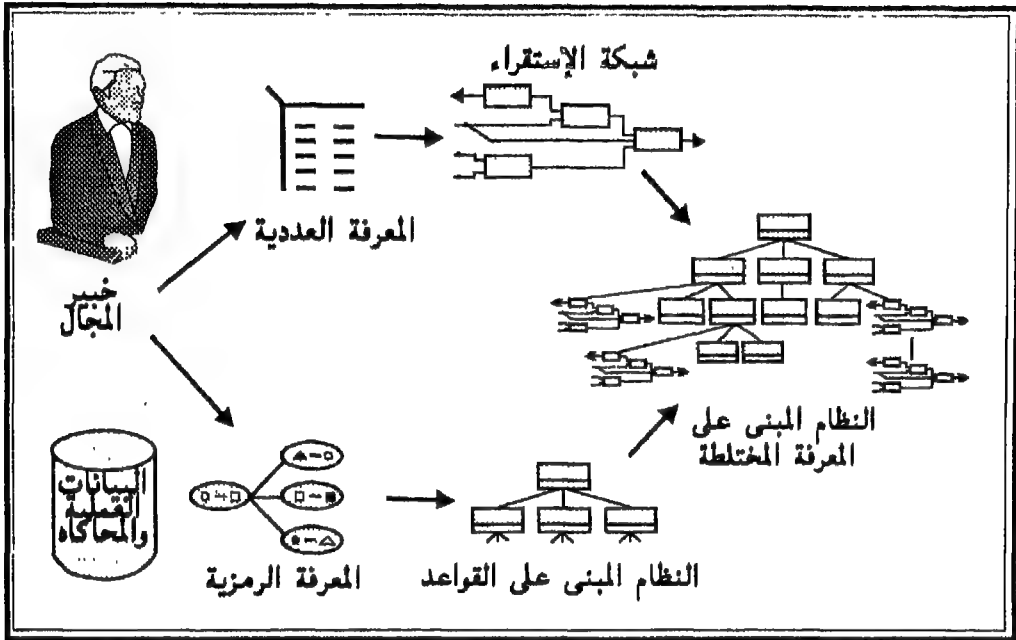
### ٣ - ١٥ إكتساب المعرفة العددية والوثائقية ( Numeric and Documented Knowledge Acquisition )

تتعامل طرق إكتساب المعرفة مع المعرفة المرمزة ( Symbolic Knowledge ) لهذا دعت الحاجة إلى استحداث طريقة جديدة لاكتساب المعرفة العددية وكان الاقتراح هو تدعيم نظام اكتساب المعرفة المرمزة بآخر لاكتساب المعرفة العددية فيما عرف بعملية إكتساب المعرفة المختلطة ( Hybrid Knowledge Acquisition Process ) وهذه المنهجية موضحة فى شكل ( ٣ - ١٠ ).

أما فى نظم إكتساب المعرفة الوثائقية فتستخدم الوثائق بدلا من الخبر و يطلق على هذه النظم النظم المبنية على المعرفة ( Knowledge - Based Systems ) حيث ينعصر الإهتمام فى تداول أكبر كم من المعلومات وليس الإستفادة من الخبرات المتاحة. وحاليا

## اكتساب المعرفة

يوجد القليل من الطرق التي تستخدم نظام إكتساب المعرفة من الوثائق بالرغم من إستعداد هذا النظام للآلية ( Automation ) حيث يمكن نقل المعرفة إلى قاعدة بيانات ثم تتم عملية تحليل المعرفة يدويا أو بأحد تقنيات الذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة. وهكذا يمكن إستخدام النظم الخبيرة فى بناء نظم خبيرة أخرى.



شكل (٣-١٠)

ويمكن للنظم الخبيرة عمل مسح ( Scan ) لقواعد البيانات أو نقل الكتب والجرائد والمجلات وهى قدرات تزداد دائما بالبحث والتجربة ويمكن إسترجاع البيانات المخزنة فى أى حاسب آلى بطريقة إلكترونية لاستخدامها لبناء أو تحديث قاعدة المعرفة للنظام الخبير دون تدخل من مهندس المعرفة أو الخبير.



## الفصل الرابع

### تمثيل المعرفة

( Knowledge Representation )



## ٤ - ١ مقدمة

تتكون معظم نظم الذكاء الاصطناعي من جزئين رئيسيين هما قاعدة المعرفة ( Knowledge Base ) وآلة الاستدلال ( Inference Engine ).

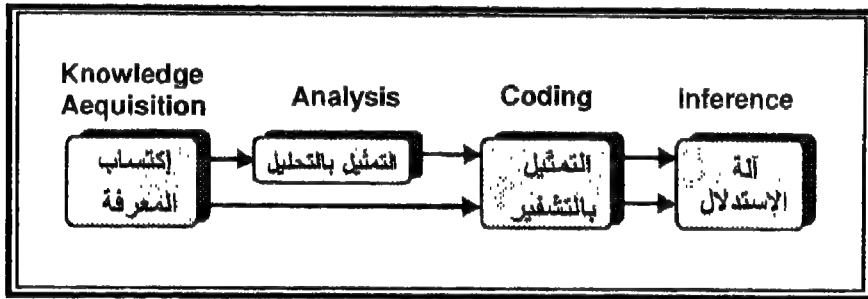
وتعتبر قاعدة المعرفة بمثابة القلب النابض للنظام لأنها تحتوى على كل الحقائق ( Facts ) المتعلقة بالمشكلة المطلوب حلها بالإضافة إلى حصيلة الخبرة المكتسبة والمتاحة للخبراء فى هذا المجال ولذلك تسمى النظم الخبيرة أحيانا بالنظم المبنية على المعرفة ( Knowledge - Based Systems ). ويمكن أن تحتوى قاعدة المعرفة على القواعد ( Rules ) والنظريات ( Theories ) وطرق أو برامج إجرائية تطبيقية بحيث تمثل فى النهاية مصدر الذكاء ( Source of Intelligence ) للنظام الخبير . وهذا المصدر يتيح لآلة الاستدلال ، والتي سيأتى شرحها بالتفصيل فيما بعد ، الوصول إلى النتائج عن طريق الإستنتاج المنطقى . ومن أهم مزايا النظم الخبيرة إنفصال قاعدة المعرفة عن المكونات الأخرى مما يسمح بزيادة رصيد المعرفة والخبرة أو تعديلها دون المساس بعمل المكونات الأخرى . ويمكن تمثيل المعرفة بعدة طرق أو نماذج ( Schemes ) ونتيجة تعدد هذه النماذج تظهر مشكلة حيوية وصعبة تتركز فى تحديد معايير اختيار النموذج المناسب لتمثيل المعرفة ووصف خبرات الخبير بحيث يجمع هذا النموذج المختار بين القدرة على التعبير عن المعرفة وبين كفاءة عمليات المعالجة الآلية أى الوقت الذى يستغرقه النموذج فى عملية المعالجة . وهنا نواجه تناقضا بين الاختيارين ، فالطرق أو النماذج التى تستخدم اللغة الطبيعية التى تلائم المستخدم ، بما تتمتع به من حرية فائقة ومرونة عالية فى وصف المعرفة ، تتطلب جهدا كبيرا من الآلة لكشف مضمونها وفهمها فهما سليما بينما النموذج المبنى على استخدام لغة برمجة نمطية أو متقدمة يتميز بسرعة حساب ومعالجة فائقة .

وتمثيل المعرفة بصفة عامة له مزايا عديدة يمكن أن نذكر منها الآتى :

- التحقق من صحة المعرفة والقدرة الدائمة على تحسينها عن طريق الإتصال الدائم بين المستخدم وفريق التطوير .
- اختبار وكشف أعطال النظام نتيجة التصميم الصحيح والتوثيق الجيد .
- المساعدة على إكمال المعرفة ( Completeness ) لوجود الأساليب التى تشجع على استكمال الوثائق مع تأمين الجودة بالمراجعة المستمرة مع المستخدم .
- توفير فرصة جيدة للحصول على حلول صحيحة ودقيقة للمشاكل نظرا لاكتمال المعرفة والاختبار الدائم لمنطق النظام ( System Logic ) .

## تمثيل المعرفة

- سهولة صيانة المعرفة نتيجة الجهد الضئيل المبذول لفهم وترجمة الشفرة ( Code ) الخاصة بالمعرفة داخل القاعدة.
  - زيادة كم البرامج المنتجة نتيجة التوثيق الجيد والإتصال المستمر بالمستخدم والتحسين الدائم لقاعدة المعرفة.
  - ضمان سهولة عمليات التشفير ( Coding ) نتيجة التركيب البنائي للمعرفة داخل القاعدة.
- وهناك نوعان رئيسيان لتمثيل المعرفة ، النوع الأول يدعم التحليل والنوع الثاني يستخدم في التشفير الحقيقي ( Actual Coding ). والعلاقة بين هذين النوعين وبقية عمليات هندسة المعرفة ( Knowledge Engineering ) موضحة في شكل ( ١-٤ ).



شكل ( ١-٤ )

وتستخدم طرق تحليل المعرفة عادة في دعم عمليات إكتساب المعرفة في مرحلة تحديد الهدف وعملية التجميع الأولى لها وذلك عن طريق تحليل المعارف الأولية وتنظيمها. وبمجرد الإنتهاء من عمليات التنظيم تبدأ عملية التشفير باستخدام واحد أو أكثر من طرق التشفير.

ومن أمثلة طرق التحليل : الشبكات الدلالية ( Semantic Networks ) والسيناريوهات ( Scripts ) وجداول القرار ( Decision Tables ) ، ومن أمثلة طرق التشفير : الهياكل ( Frames ) وقواعد الإنتاج ( Production Rules ). وفي هذا الفصل سيتم شرح معظم هذه الطرق بالتفصيل.

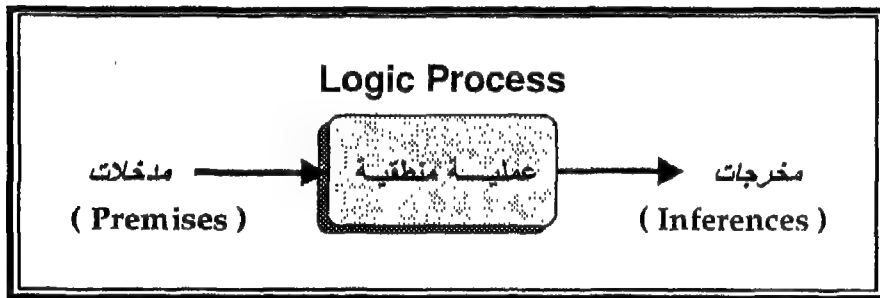
## ٤ - ٣ التمثيل المنطقي ( Representation in Logic )

يعتبر التمثيل المنطقي للمعرفة من أقدم الأشكال المستخدمة في تمثيل المعرفة. والمنطق هو الدراسة العلمية لعملية التفكير المنطقي ومحاولة تقنينها ومايصحب هذه الدراسة من استخدام للقواعد ( Rules ) والإجراءات ( Procedures ) كأدوات مساعدة وهو علم فرعى من علوم الفلسفة. وأى عملية منطقية كالموضحة في شكل ( ٢-٤ ) لها بعض الصفات المميزة والمصطلحات المتعارف عليها. فالمدخلات لهذه العملية تسمى مقدمات ( Premises ) وهى عبارة عن حقائق أو معلومات أو

## تمثيل المعرفة

ملاحظات والمخرجات تسمى إستدلالات ( Inferences ) وهي إما إستنتاجات أو توصيات. وباستخدام العمليات المنطقية يمكن استخدام حقائق صحيحة ( True ) لاستنتاج حقائق أخرى تكون صحيحة أيضا.

ولكى يقوم الحاسب بالإستنتاج المنطقي يجب استخدام طريقة لتحويل الجمل وعمليات الإستنتاج إلى صورة تصلح للتشغيل بواسطة الحاسب. وناتج عملية التحويل هو مايسمى المنطق الرمزي ( Symbolic Logic ) وهو عبارة عن مجموعة من القواعد والإجراءات التي تعطى مخرجات من مدخلات عديدة ومتنوعة باستخدام الطرق المنطقية المختلفة.



شكل ( ٤ - ٢ )

وهناك نوعان من المنطق الخاص بالحاسبات وهما منطق الإستبيان ( Propositional Logic ) ومنطق الإسناد ( Predicate Logic ) ويتم شرحهما في الأجزاء التالية :

١ - منطق الإستبيان ( Propositional Logic ) هو منطق الحكم على جملة ما بالنفي أو الإيجاب ( False or True ) وتستخدم الإجابة كأداة إستدلال تساعد في عمليات الإستنتاج المنطقي أو لاستنتاج حكم منطقي آخر. والحكم المستنتج يتم تقييم صحته ( Truth or T ) أو خطئه ( Falsity or F ) عن طريق القواعد ( Rules ). ونستخدم منطق الإستبيان الرموز ( Symbols ) مثل الحروف ( Letters ) لتمثيل أي إستبيان أو مدخلات أو إستنتاجات.

مثال :

Statement : A = The mail carrier comes Monday through Saturday

Statement : B = Today is Sunday

Conclusion : C = The mail carrier will not come today

وهذا مثال بسيط يوضح كيفية استخدام المنطق للوصول إلى نتائج. فساعى البريد يأتى يوميا من الإثنين إلى السبت ، واليوم هو الأحد ، لذلك لن يأتى ساعى البريد اليوم. وهو كما ذكرنا

## تمثيل المعرفة

مثال بسيط لا يعكس المشاكل الحقيقية التي يحاول الإنسان حلها بالمنطق لاحتواء هذه المشاكل على العديد من العلاقات المتداخلة والاستبيانات المركبة. ويمكن محاولة تمثيل هذه المشاكل بتمثيل الاستبيانات المركبة باستخدام المعاملات المنطقية والتي تسمى أدوات الربط مثل ( AND , OR , NOT , EQUIVALENT , IMPLIES ). والشكل ( ٣-٤ ) يوضح هذه الأدوات ( Connectives ) والرموز المستخدمة في تمثيلها.

أداة الربط ( Connective )	الرمز ( Symbol )
AND الوصل	$\wedge, \&, \cap$
OR الفصل	$\vee, \cup, +$
NOT النفي	$\neg, \sim$
IMPLIES الاستلزام	$\supset, \rightarrow$
EQUIVALENT التطابق	$\equiv$

شكل ( ٣-٤ )

وتستخدم هذه الأدوات لربط أو تعديل استبيانات للحصول على استبيانات أخرى جديدة. وفيما يلي أمثلة على كيفية عمل هذه الأدوات :

A = it is raining today

NOT A = it is not raining today

أي إذا كانت الجملة ( A ) صحيحة ( True ) فإن المعامل ( NOT ) يحولها إلى جملة غير صحيحة ( False ).

D = The car is black

E = The car has Six - cylinder engine

F = D AND E

P = The moon is a satellite

Q = The earth is a satellite

R = P OR Q

والمعامل ( OR ) له العديد من التراكييب عند استخدامه نوضحها بالجدول الآتي :

P	Q	R
F	F	F
F	T	T
T	F	T
T	T	T

## تمثيل المعرفة

ويتضح من الجدول أن قيمة ( R ) تكون ( F ) أى ( False ) عندما يكون كل من ( P ) ، ( q ) غير صحيح ( False ) وتكون صحيحة ( True ) فى باقى الحالات.

أما المعامل ( Implies ) فيمكن توضيحه من السطور التالية :

A = The car's Engine is defective

B = I cannot drive today

C = A IMPLIES B

وهذا يعنى أن الجملة ( A ) الصحيحة تحتم أن تكون الجملة ( B ) صحيحة أيضا.

وهكذا نجد أنه باستخدام الرموز وأدوات الربط يمكن التعبير عن مجموعة كاملة من المدخلات والإستنتاجات التى تشبه إلى حد كبير المعادلات الرياضية.

## ٢ - منطق الإسناد ( Predicate Logic )

بالرغم من أن منطق الإستبيان يعد من البدائل المستخدمة لتمثيل المعرفة إلا أنه لا يستخدم فى مجال الذكاء الإصطناعى لقصوره فى تمثيل معارف العالم الحقيقى ، والتى يمكن أن تكون غير كاملة ، وذلك لأن منطق الإستبيان يتعامل مع المعارف الكاملة فقط لذلك يستخدم الذكاء الإصطناعى منطق الإسناد. وهذا المنطق هو من صور المنطق الأكثر تعقيدا والذى يستخدم كل مبادئ وقواعد منطق الإستبيان ولكنه يقدم قدرات إضافية لتمثيل المعرفة فى أدق صورها.

يقوم منطق الإسناد على تقسيم الجملة إلى أجزاء تتضمن الشيء وخواص هذا الشيء وأى حقائق مؤكدة عن هذا الشيء بالإضافة إلى استخدام متغيرات ( Variables ) أو دوال فى صورة جمل منطقية مرمرزة. ونتيجة لذلك نحصل على نموذج قوى لتمثيل المعرفة يمكن استخدامه لحل المشاكل الحقيقية التى يعجز عن حلها منطق الإستبيان. ومنطق الإسناد هو الأساس الذى بنيت عليه لغة الذكاء الإصطناعى التى تسمى برولوج ( PROLOG ) أو البرمجة بالمنطق ( Programming in Logic ) وهذه اللغة سوف نتناولها بالشرح والتحليل فى الفصول التالية من هذا الكتاب. وبإنتهاء عملية تمثيل المعرفة سواء باستخدام منطق الإستبيان أو منطق الإسناد تصبح جاهزة لإجراء عمليات الإستدلال والإستنتاج.

## ٤ - ٣ الشبكات الدلالية ( Semantic Networks )

تعتبر شبكات الألفاظ الدلالية واحدة من أقدم طرق تمثيل المعرفة وأكثرها وضوحا وهى تتكون من مجموعة من العقد ( Nodes ) والروابط ( Links ). وتخرج طريقة التمثيل بالشبكات تحت قائمة

## تمثيل المعرفة

الطرق الجرافيكية للتمثيل وهى تظهر العلاقات الهرمية ( Hierarchical Relationships ) بين الأشياء.

والشكل ( ٤ - ٤ ) يوضح شبكة دلالية بسيطة تتكون من مجموعة من الدوائر ( Circles ) أو العقد ( Nodes ) وهى تمثل الأشياء ( Objects ) ومعلومات وصفية عن هذه الأشياء. وهذه الأشياء يمكن أن تكون أشياء طبيعية مثل كتاب ، عربة ، مقعد أو حتى شخص. ويمكن للعقد أن تمثل أيضا أحداث ( Events ) أو مبادئ أو أفعال ( Actions ). والمبادئ يمكن أن تكون مثل قانون أوم للتيار والأحداث مثل الانتخابات والأفعال مثل بناء منزل أو كتابة خطاب ويمكن أيضا أن تمثل العقد الصفات المميزة ( Attributes ) للأشياء الممثلة مثل اللون والحجم والعمر وهكذا.

وتتصل العقد ببعضها بروابط ( Links ) أو أقواس ( Arcs ) وهذه الأقواس توضح العلاقات ( Relationships ) بين الأشياء وبعضها. ومن أكثر أنواع الأقواس إستخداما وأكثرها شيوعا هو القوس ( is - a ) أو ( has - a type ). والنوع ( is - a ) ، والذي يعرف بالإسم ( isa ) يستخدم لبيان المرتبة أو الفئة بمعنى ما إذا كان شيء معين ينتمى لفئة أعلى أو قطاع من الأشياء وبمعنى أبسط الترتيب الهرمى للأشياء ( Hierarchies ). أما القوس ( has - a ) فيستخدم لتحديد خواص أو الصفات المميزة للأشياء الممثلة بالعقد كما يتضح من الشكل ( ٤ - ٤ ). أما شبكات الألفاظ الدلالية التى تستخدم لوصف اللغات الطبيعية فإنها تستخدم أقواس مثل ( Works for ) ، ( Needs ) وذلك كما يتضح من الشكل ( ٤ - ٤ ).

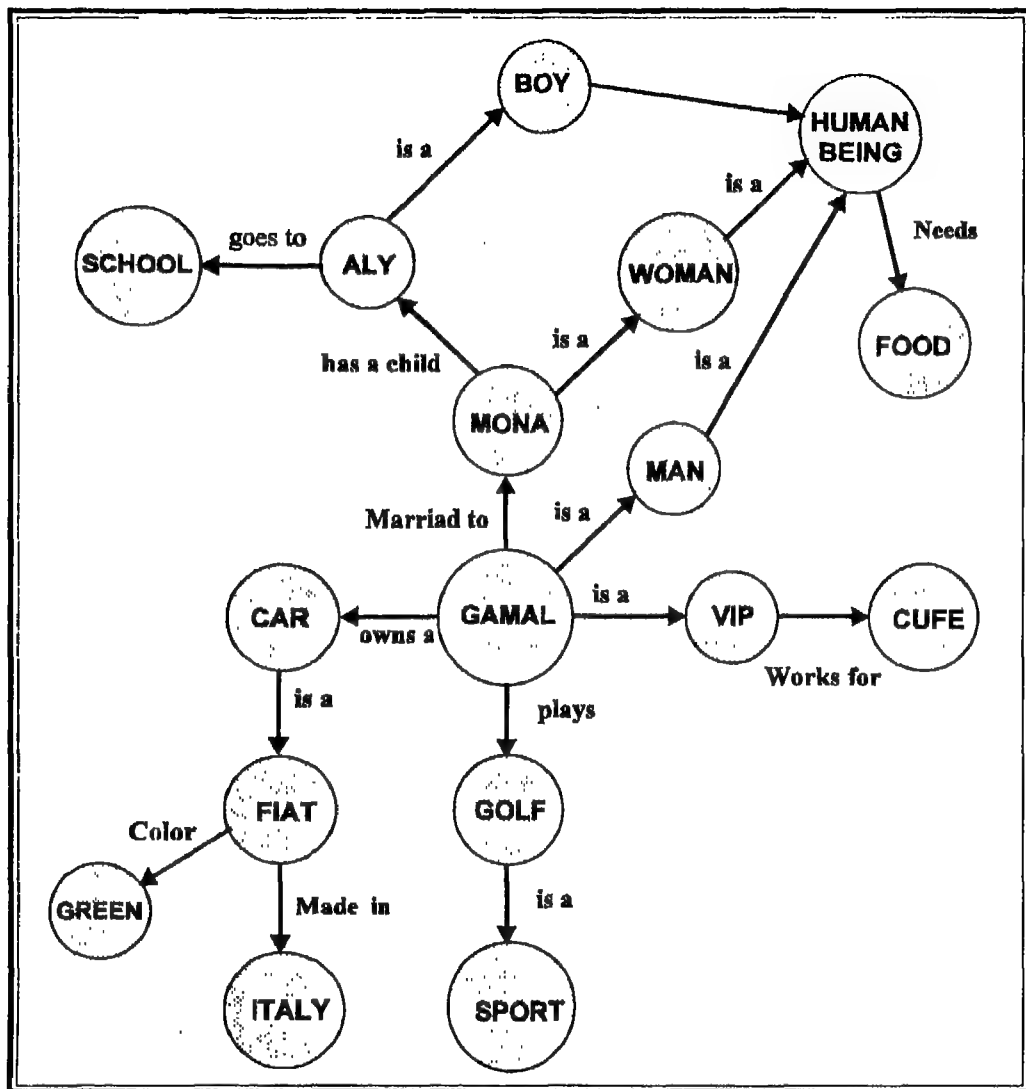
وبلاحظ من الشكل أن فى منتصف نطاق المعلومات شخص إسمه جمال. وتوضح أحد الروابط ( Links ) أن هذا الشخص رجل وهذا الرجل هو إنسان ( Human Being ) أو هو جزء من نوع يسمى الإنسان أى أنه ليس حيوانا أو جمادا وتوضح رابطة أخرى أنه متزوج وله ابن يذهب إلى المدرسة. وهكذا نجد أن حجم الشبكة الدلالية يعتمد على نوع المشكلة المطلوب حلها.

وبلاحظ من الشكل أن العلاقة ( isa ) تؤدي إلى تكوين التوارث الهرمى ( Inheritance Hierarchy ) فى الشبكة ويعنى ذلك أن أى عنصر أدنى فى الشبكة يمكن أن يرث الخصائص من عناصر أعلى. على سبيل المثال الرباط الذى يوضح أن جمال هو رجل وبالتبعية فهو إنسان أى أن هذا الشخص يرث صفة الإنسانية لأنه رجل. عندئذ يمكن الإجابة بسهولة على هذا السؤال : هل جمال يحتاج إلى طعام ؟ والإجابة هى نعم لأن كل إنسان يحتاج إلى طعام وذلك بسبب خاصية توارث الصفات. وهذه الخاصية تساعد إلى حد كبير فى توفير الحيز المستخدم لأن المعلومات الخاصة بالعقد المتماثلة ليس مطلوبا تكرارها فى كل عقدة. وتلك الخاصية تنطبق أيضا على العلاقة ( has - a ). لذلك فإن الشبكات الدلالية تعتبر وسيلة فعالة لتمثيل المعرفة فى المجالات التى تستخدم المبادئ العامة للتصنيف العلمى ( Taxonomies ) وذلك لتبسيط حل المسائل. والشبكة الموضحة فى



## تمثيل المعرفة

شكل (٤-٤) يمكن إختصارها باستخدام خاصية توارث الخصائص لتصبح أقل حجما كما يتضح من الشكل (٥-٤)



شكل (٤-٤)

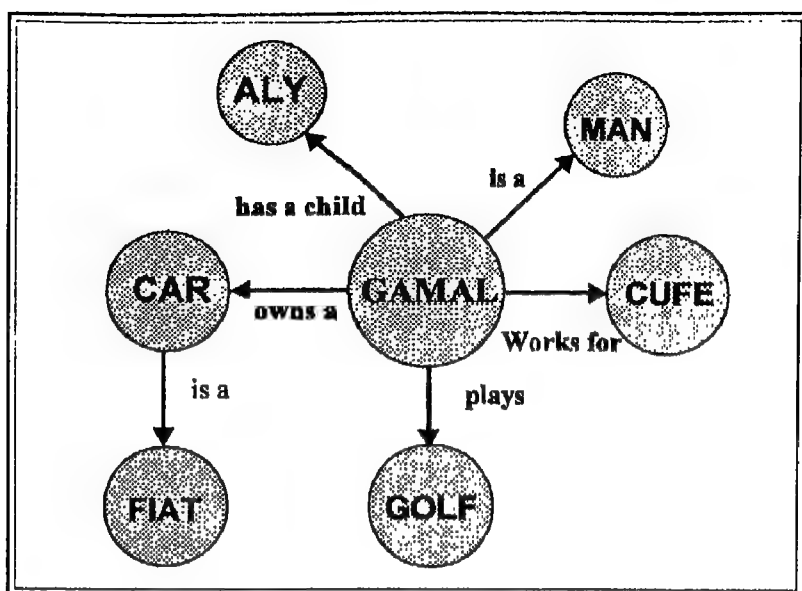
وتستخدم الشبكات الدلالية أيضا بنجاح في مجال بحوث اللغات الطبيعية وذلك لتمثيل الجمل المركبة باللغة الإنجليزية. على سبيل المثال الجملة التالية :

**Aly writes a letter to Ahmed**

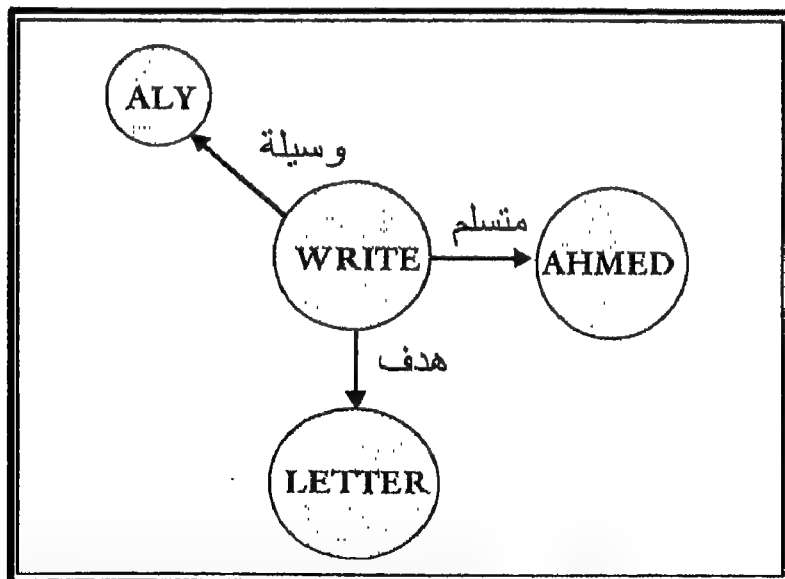
أى على يكتب خطابا لأحمد

## تمثيل المعرفة

هذه الجملة يمكن تمثيلها كما يتضح من الشكل (٤-٦) ويلاحظ في هذا المثال الأقواس المستخدمة في تعريف العلاقة بين ( Letter ) ، ( Aly ) ، ( Ahmed ) .



شكل (٤-٥)

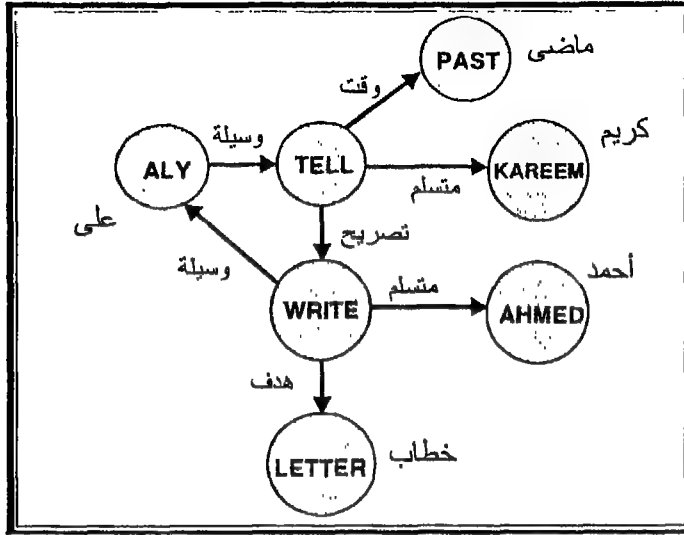


شكل (٤-٦)

وبنفس الطريقة يمكن تمثيل جملة أكثر تعقيدا من السابقة وذلك كما يتضح من الشكل (٤-٧) والذي يمثل شبكة دلالية تكون الجملة الآتية :

## تمثيل المعرفة

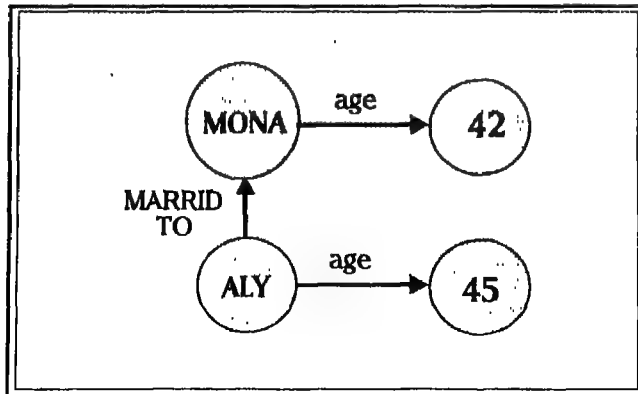
Aly told Kareem that he wrote a letter to Ahmed



شكل (٧-٤)

والتمثيل باستخدام الشبكات الدلالية يعتبر مفيداً وفعالاً لأنه يوفر أسلوباً قياسياً لتحليل معنى الجملة، كما أنه يوضح التشابه في المعاني بين الجمل التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً ببعضها البعض ولكنها تختلف في تركيبها. فرغم أن الجملتين الموضحتين في شكل (٦-٤) وشكل (٧-٤) تبدوان مختلفتين، إلا أن تمثيلهما باستخدام الشبكات الدلالية وضح التشابه بينهما، فلو دققنا النظر في الشكلين لوجدنا أن مكونات الشكل (٦-٤) موجودة بأكملها في الشكل (٧-٤).

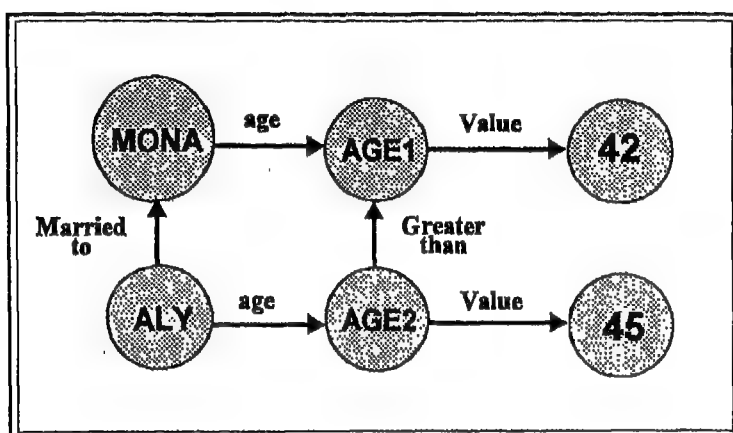
والمثال التالي يوضح كيفية تمثيل الخصائص المميزة (Attributes) لشيء معين باستخدام شبكة دلالية كالمبينة في شكل (٨-٤). ويلاحظ أن السن تم تحديده كقيم عددية في عقد مرتبطة.



شكل (٨-٤)

## تمثيل المعرفة

أما شكل ( ٩ - ٤ ) فهو يوضح طريقة أكثر مرونة لتمثيل هذه المعلومات الموجودة فى شكل ( ٨ - ٤ ) حيث يسند إلى ( ALY ) و ( MONA ) عقدا تسمى ( AGE 1 ) و ( AGE 2 ) ثم تأخذ هذه العقد بدورها فيما عددية حقيقية. وهذا التمثيل يعتبر أكثر مرونة لأنه يأخذ فى الاعتبار احتمالات التغيير فى السن بالإضافة إلى أن العلاقة بين عمر على ومنى يمكن تمثيلها باستخدام الرابطة أكبر من ( Greater than ).



شكل ( ٩ - ٤ )

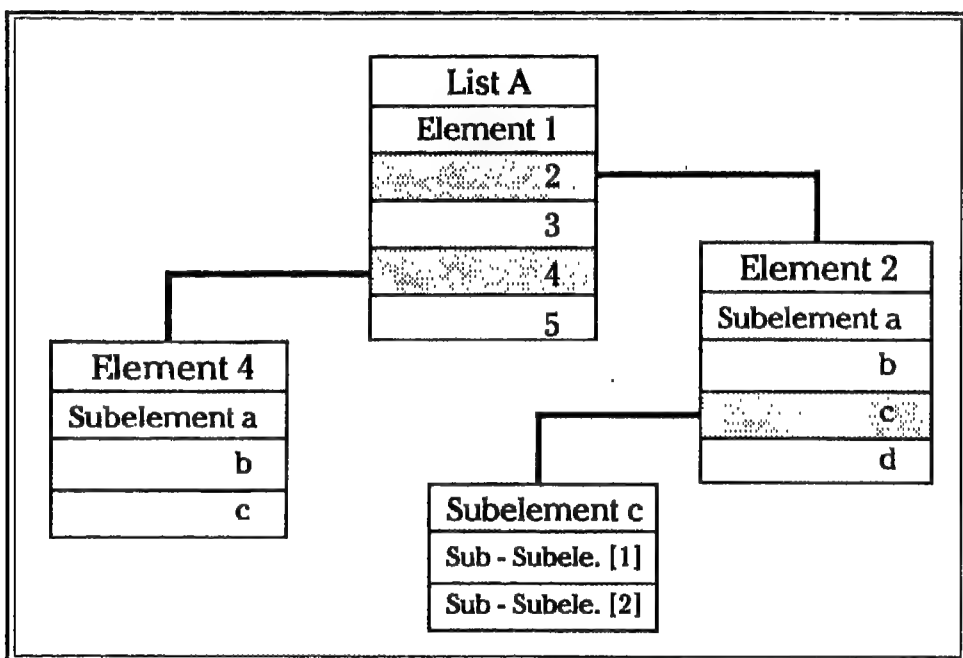
ورغم أن الشبكات الدلالية طرق جرافيكية بطبيعتها إلا أنها لا تظهر كذلك فى الحاسب بل تظهر كل الأشياء والعلاقات بينهما فى صور لفظية وهذه الصور يتم برمجتها بإحدى لغات البرمجة العديدة والمتاحة. ولأن البحث خلال الشبكة الدلالية - وخاصة الشبكة كبيرة الحجم - يعتبر عملية صعبة ومعقدة لذلك تستخدم الشبكات الدلالية للأغراض التحليلية ( Analysis Purposes ) كأدوات بصرية لعرض العلاقات المختلفة بين الأشياء ويمكن أيضا دمجها مع طرق تمثيل أخرى.

## ٤ - ٤ القوائم والأشجار ( Lists and Trees )

تستخدم القوائم والأشجار ، وهى تراكيب بسيطة ، فى تمثيل المعرفة الهرمية ( Hierarchical Knowledge ). والقوائم هى عبارة عن مجموعة من العناصر المرتبطة والمكتوبة فى قائمة ( List ) مثل قائمة أشخاص تعرفهم أو قائمة متطلبات منزلية سيتم شراؤها أو قائمة بأعمال مطلوب إنجازها. وتستخدم القوائم عادة فى تمثيل المعرفة المجمعة والمصنفة تبعا لأولويات محددة أو علاقات فيما بينها.

## تمثيل المعرفة

وفي البداية تقسم الأشياء إلى مجموعات ( Groups ) أو فئات ذات عناصر متشابهة وتمثل العلاقات بينها عن طريق ربطها معا في شكل هرمي كالوضح في شكل ( ٤ - ١٠ ). ولكل قائمة إسم يميزها مثل قائمة ( A ) وبها إثنين أو أكثر من العناصر. ويمكن لأحد عناصر القائمة مثل العنصر ( ٤ ) أن يكون إسمًا لقائمة تحتوي على عناصر فرعية ( Subelements ) وأيضا يمكن أن يكون أحد العناصر الفرعية ، مثل العنصر ( C ) ، إسمًا لقائمة أخرى من العناصر الفرعية .... وهكذا.



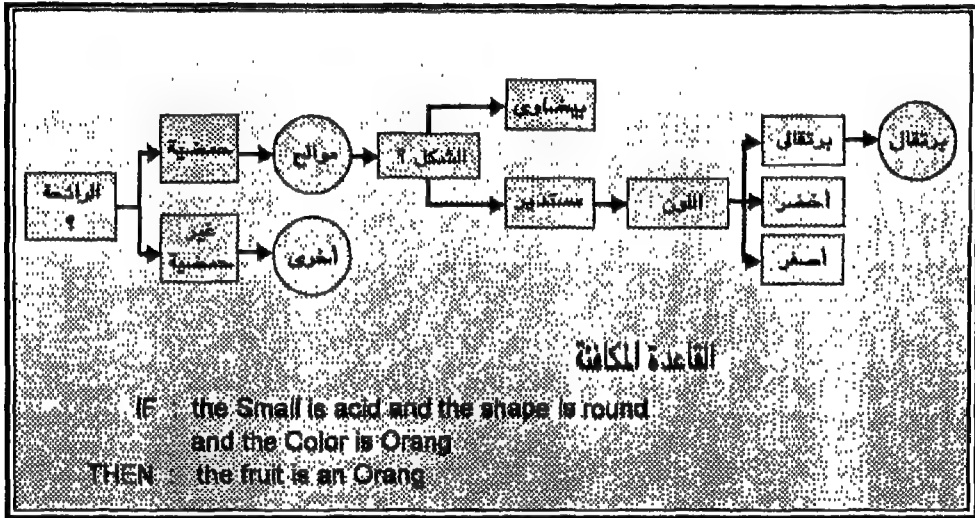
شكل ( ٤ - ١٠ )

والطريقة الثانية من طرق تمثيل المعرفة الهرمية هي شجرة القرار ( Decision Tree ) وتستخدم عادة في تحليل النظم غير الذكية. وشجرة القرار هي عبارة عن شبكة دلالية هرمية مرتبطة بواسطة مجموعة من القواعد لذلك فهي تجمع بين أسلوب البحث وعلاقات المعرفة. وتحتوي الشجرة على مجموعة من العقد ( Nodes ) تمثل الأهداف ( Goals ) وروابط ( Links ) تمثل القرارات. وجذر ( Root ) الشجرة يكون جهة اليسار والفروع والأوراق ناحية اليمين. ومن أهم مميزات شجرة القرار قدرتها على القيام بعملية إكتساب المعرفة ببساطة شديدة لسهولة تعامل الخبير معها مقارنة مثلاً بطريقة الهياكل أو الأطر ( Frames ). والشكل ( ٤ - ١١ ) يمثل شجرة قرار بسيطة والقاعدة المكافئة لها حيث يكون هدف استخدام الشجرة هو تحديد نوع فاكهة ما.

## تمثيل المعرفة

ويلاحظ من الشكل أن الإنسان يبدأ بشم الفاكهة وتحديد ما إذا كانت من النوع الحمضي ( Acid ) أم لا. وإذا كانت من النوع الحمضي فهي تنتمي إلى عائلة الموالح وإذا كان شكلها دائري فهي إما برتقال أو جريب فروت وأخيرا يأتي اللون لتحديد القرار النهائي.

وتوجد أشكال عديدة لشجرة القرارات منها الشجرة الموضحة في شكل ( ٤ - ١٢ ) وفيه تمثل القوائم بصورة شجرة حيث تمثل العقد أسماء القوائم والأسهم تمثل العلاقات بين القوائم.



شكل ( ٤ - ١١ )

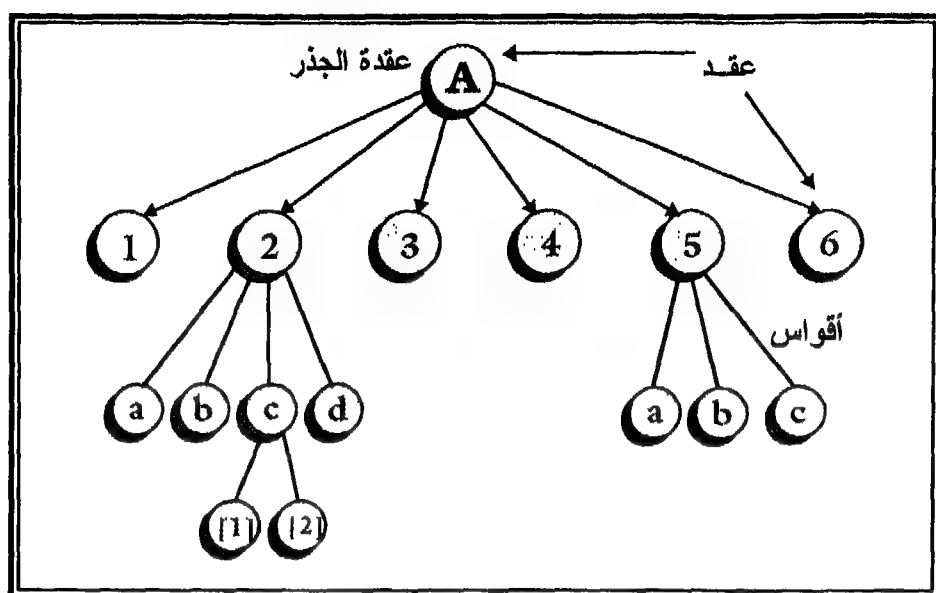
وتستخدم القوائم والأشجار كثيرا في معظم تطبيقات الذكاء الاصطناعي وهناك لغة خاصة تتعامل بالقوائم وهي لغة ليسب ( LISP ) وهي لغة البرمجة الرئيسية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي، وسوف نتناولها بالشرح في الفصول التالية من الكتاب.

## ٤ - ٥ قواعد الإنتاج ( Production Rules )

تعتبر قواعد الإنتاج من أكثر الأساليب الشائعة لتمثيل المعرفة. ويتم تمثيل قاعدة الإنتاج باستخدام جملة شرطية ( IF - THEN ) أو مجموعة من الجمل الشرطية. على سبيل المثال :

IF : A is true  
and B is true  
and C is false  
THEN : Conclude Z

## تمثيل المعرفة



شكل ( ٤ - ١٢ )

وعندما يتحقق الجزء الشرطي ( IF ) من القاعدة من الحقائق المنطقية والمعلومات التي يفدى بها النظام الخبير فإنه يتم تنفيذ الجزء ( THEN ). وفيما يلي مثال بسيط على قواعد الإنتاج :

إذا تعطلت سيارتك فإن قواعد الإنتاج الخاصة بهذا الموقف تأخذ الصور الآتية :

**Rule 1 :**

**IF** : The car won't start and the fuel gauge reads zero

**THEN** : There is no fuel and the car must be refilled.

**Rule 2:**

**IF** : The car won't start and the fuel tank is not empty

**THEN** : The battery may be discharged and charge it.

**Rule 3:**

**IF** : The car has neither of these faults and the starter doesn't crank

**THEN** : Consider the possibility of a starter malfunction

## تمثيل المعرفة

وهكذا نجد أن قواعد الإنتاج السابقة يمكن أن يشملها نظام خبير يعطى المشورة لكشف وإزالة الأعطال الخاصة بالسيارات. ويلاحظ في هذه القواعد أنه يمكن ربط أكثر من شرط باستخدام معامل الربط ( AND ) وينطبق ذلك أيضا على الجزء ( THEN ) ويمكن أيضا أن تحتوى القواعد على معامل الربط ( OR ) لربط الجمل الشرطية.

وتركيب الجملة الشرطية في قاعدة الإنتاج يختلف من نظام خبير إلى آخر. وقد أجمع الخبراء على جود شكلين أساسيين لتركيب الجملة الشرطية أو القواعد في أى نظام خبير. الشكل الأول هو التركيب الداخلى لتمثيل قاعدة المعرفة فى النظام وهو ما يتم استخدامه فعلا بواسطة النظام الخبير. والشكل الثانى هو الشكل الخارجى ( External Rule Format ) وهو تركيب مرن وسهل ومقبول لقربه من شكل وتركيب اللغة الطبيعية وهناك فرق ملحوظ وواضح بين تركيب كل من الشكل الداخلى والخارجى لنفس القاعدة كما يتضح فى المثال التالى :

الشكل الداخلى للقاعدة

$F ( NCRNK.T ) \& F ( DIM. F ) \Rightarrow H ( START , 0.7 )$

الشكل الخارجى للقاعدة

**IF** :The starter doesn't crank and the headlights are not dim  
**THEN** :There is a starter malfunction ( with a confidence of 0.7 ).

والرقم ( 0.7 ) يحدد نسبة المصادقية فى الإستنتاج الذى تم التوصل اليه باستخدام هذه القاعدة. وسوف نتعرض بالتفصيل لمعنى المصادقية وكيفية حسابها فى النظم الخبيرة فيما بعد.

وتتميز النظم الخبيرة المعتمدة على قواعد الإنتاج بعدة مميزات أهمها مايلى :

- ١ - توفر قواعد الإنتاج أسلوبا سهلا لتمثيل المعرفة يماثل إلى حد كبير نفس الأسلوب الذى يستخدمه الخبراء لشرح الأعمال التى يقومون بها فى مجال خبرتهم. وهذه الميزة هامة جدا لأنها تحقق سهولة نقل المعرفة من خبراء المجال إلى قاعدة المعرفة.
- ٢ - تفرض قواعد الإنتاج هيكلًا منتظما ومتماثلا على المعارف الموجودة بقاعدة المعرفة مما يجعل من السهل على أى مستخدم فهم طبيعة المعارف والمعلومات المخزنة بها. وهذه الميزة تعرف بالتماثل ( Uniformity ).
- ٣ - تتميز قواعد الإنتاج باستقلالية البناء ( Modularity ) أى أن عمليات الإضافة أو التعديل أو الحذف التى تجرى على أى قاعدة لاتؤثر على القواعد الأخرى بالإضافة إلى أن ترتيب القواعد داخل قاعدة المعرفة غير مطلوب أى أن كل قاعدة تعتبر مستقلة عن الأخرى. لذلك تعتبر نظم قواعد الإنتاج مناسبة لمعمارية الجيل الخامس من الحاسبات الذى يستخدم المعالجة المتوازية للمعلومات.



## تمثيل المعرفة

ومن العيوب الواضحة فى نظم قواعد الإنتاج صعوبة تتبع مسار التحكم وذلك نتيجة إستقلالية كل قاعدة إنتاج عن الأخرى بالإضافة إلى خاصية التماثل فى نظم الإنتاج. فليس هناك على سبيل المثال هيكل هرمى للبرنامج يتيح وجود قواعد رئيسية تتكون من مجموعة من القواعد الفرعية على غرار البرامج النمطية والتي يسهل معها تتبع مسار التحكم فى عمل البرنامج.

وأيضاً من العيوب التى تسببها إستقلالية البناء الداخلى فى نظم قواعد الإنتاج وجود عيب كبير على مصادر النظام ككل تحد من سرعة رد الفعل المطلوب مما يؤثر على قدرة النظام على إتخاذ خطوات أوسع للإستدلال المنطقى المطلوب عندما يستدعى الأمر ذلك.

## ٤ - ٦ الأطر أو الهياكل ( Frames )

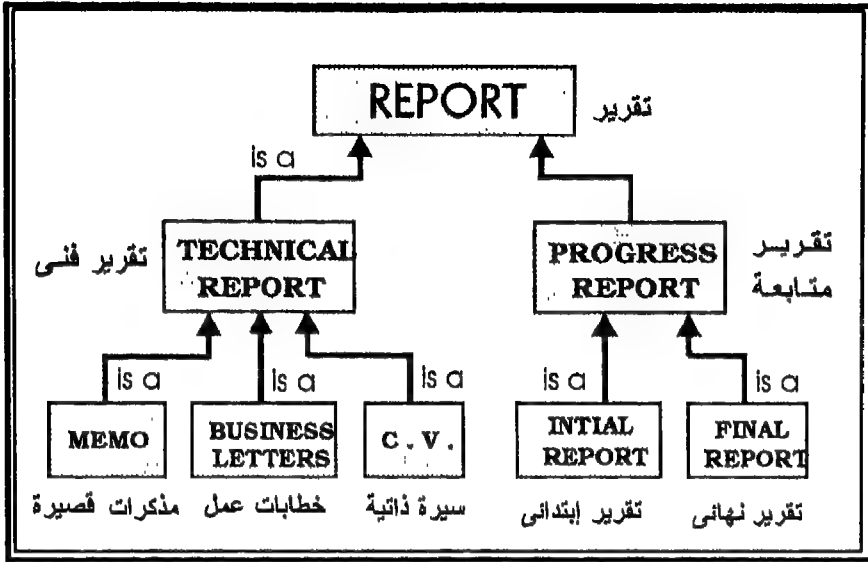
الهيكل أو الإطار هو تركيب بيانى (Data Structure) يحتوى على كل المعارف عن شىء محدد. وهذه المعارف ممثلة فى تركيب هرمى (Hierarchical Structure) يسمح باستقلالية المعرفة. والهياكل هى واحدة من تطبيقات البرمجة الشيئية (Object - Oriented Programming) فى مجال الذكاء الاصطناعى والنظم الخبيرة.

وكل هيكل أو إطار يصف شيئاً واحداً ( One Object ) وهو عبارة عن شبكة من العقد والعلاقات فيما بينها منظمة بأسلوب هرمى. حيث تمثل أعلى عقدة ( Topmost Node ) المفاهيم العامة وتمثل أدنى عقدة مزيداً من الأمثلة أو المراحل الخاصة المرتبطة بهذا المفهوم الذى تمثله العقدة العليا. فمثلاً أى تقرير ( Report ) يمكن تمثيله باستخدام الهياكل كما يتضح من الشكل ( ٤ - ١٣ ) ويتم تعريف كل مفهوم من المفاهيم بكل عقدة من العقد المكونة لنظام الهياكل بواسطة مجموعة من الخصائص والصفات المميزة ( Attributes ) مثل العمر واللون والإسم والوزن وخلافه بالإضافة إلى مجموعة من القيم ( Values ) مرتبطة بهذه الصفات والخصائص مثل كلمة ( محمد ) بالنسبة للإسم وكلمة ( طفل ) بالنسبة للعمر وكلمة ( ثقيل ) بالنسبة للوزن وهكذا. وكل صفة أو خاصية من الخصائص والصفات المميزة يطلق عليها حيز ضيق أو شق ( Slot ). ولكل شق مجموعة من الإجراءات ( Procedures ) مرتبطة به ويتم تنفيذها عند حدوث أى تغيير بالقيم الموجودة به وهذه الإجراءات ماهى إلا مجموعة من أكواد الحاسب. ويوضح شكل ( ٤ - ١٤ ) عقدة من عقد نظام هياكل خاص بنوع معين من السيارات ممثلة بهذا الأسلوب.

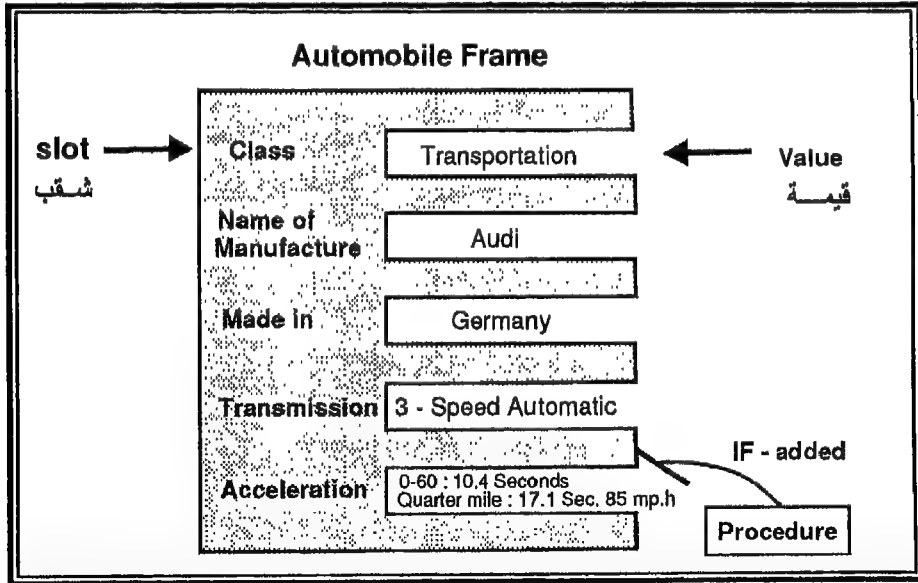
وكل شق يمكن أن يرتبط به أى عدد من الإجراءات. وهناك ثلاثة أنواع من الإجراءات هى ( IF - added ) ، ( IF - removed ) ، ( IF - needed ) . الأول يعنى تنفيذ الإجراء عند إضافة أى معلومات جديدة فى الشق والثانى يتم تنفيذه عند حذف أى معلومات من الشق والثالث يتم تنفيذه عند الحاجة للمعلومات داخل الشق. وهذه الإجراءات يمكنها مراقبة تخصيص المعلومات المناسبة

## تمثيل المعرفة

إلى كل عقدة ( Node ) من عقد النظام والتأكد من تنفيذ الأنشطة المناسبة عندما تتغير القيم في الشق.



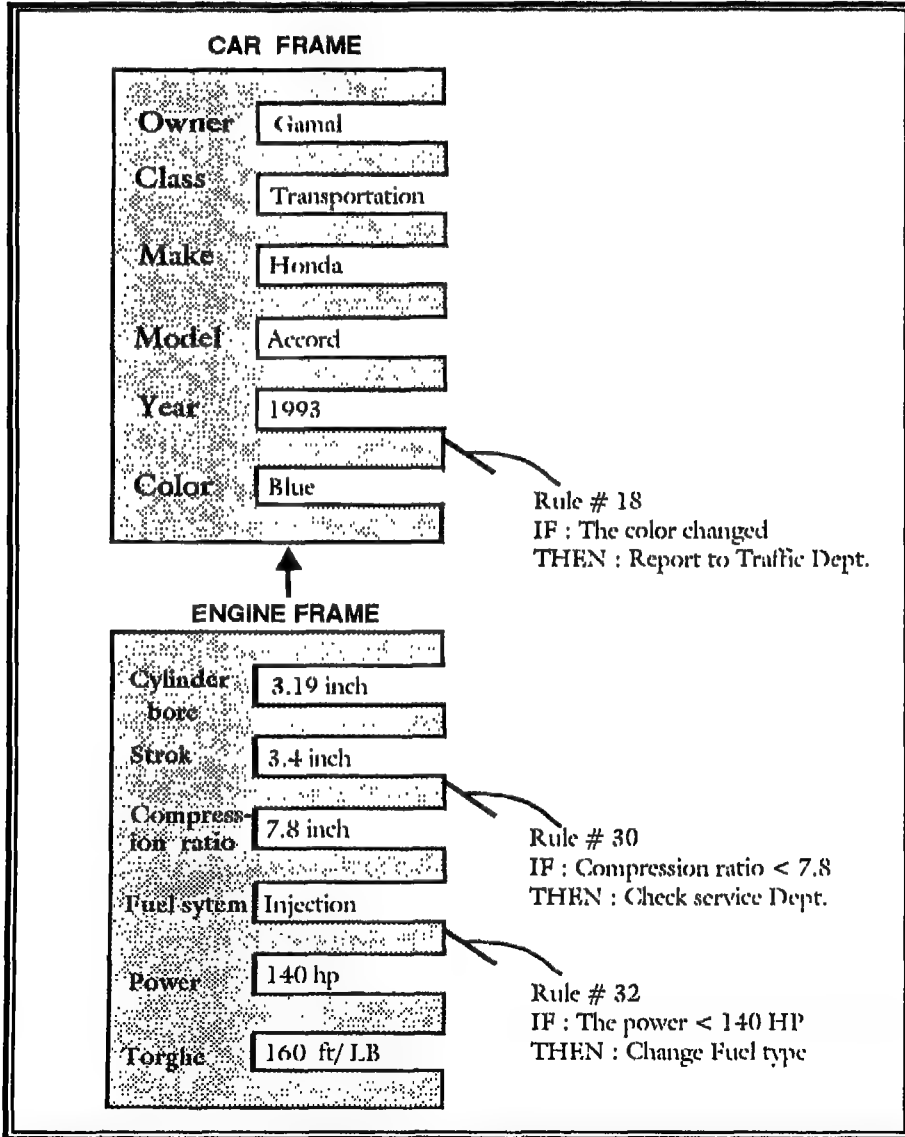
شكل ( ٤ - ١٣ )



شكل ( ٤ - ١٤ )

## تمثيل المعرفة

والشكل ( ٤ - ١٥ ) يوضح كيف يعمل نظام الهياكل ويلاحظ أن كل إطار مرتبط به عدة أنواع من المعلومات تشمل كيفية استخدام الإطار وما يمكن توقع حدوثه بالإضافة إلى ما يمكن عمله عندما لا تتحقق هذه التوقعات. وتتميز المستويات العليا للإطار بالثبات والاستقرار وتقوم بتمثيل أشياء تعتبر دائما حقيقية. أما المستويات الدنيا ( Lower Levels ) فإنها تحتوى على مجموعة من الشقوق تملأ عادة ببيانات ومعلومات جارية ومرتبطة بأوقات وحوادث معينة وهى بذلك تحل محل المعلومات العامة المبدئية. ويلاحظ أيضا أن بعض الشقوق تحتوى على قيم مبدئية ( Default Values ).



شكل ( ٤ - ١٥ )

## تمثيل المعرفة

---

ولتنفيذ الهيكل الموضح في شكل ( ٤ - ١٥ ) على الحاسب تستخدم أساليب عديدة تختلف باختلاف الأداة المستخدمة في بناء النظام المطلوب. وكمثال على ذلك مايلي :

[ CAR is a kind of THING with

OWNER

CLASS

MAKE

MODEL

YEAR

COLOR ]

[ OWNER is a kind of THING with NAME ]

[ CLASS is a PROPERTY with

RANGE : ( TRANSPORTATION , CARGO ) ]

[ MAKE is a PROPERTY with

RANGE : ( FIAT , HONDA , BMW , LADA ) ]

[ MODEL is a PROPERTY with

RANGE : ( 132/2000 , ACCORD , HSG622T , LADA 1300 ) ]

[ YEAR is a PROPERTY with

RANGE : (1990,1992,1993)

[ COLOR is a PROPERTY with

RANGE : ( RED , BLUE , BLACK , ORANG ) ]

ويعتمد أداء الهيكل أو الإطار إلى حد كبير على تنظيم وتركيب هذا الهيكل ولذلك فلا بد من العناية الزائدة والجهد الكبير من أجل التصميم الجيد لمثل هذه النظم التي تستخدم الإطار في تمثيل المعرفة لضمان التميز في أدائها عن تلك المستخدمة فيها قواعد الإنتاج.

وفيما يلي جدول يوضح بعض مميزات وعيوب طرق تمثيل المعرفة التي تم شرحها :

## تمثيل المعرفة

الطريقة	المميزات	العيوب
قواعد الإنتاج	سهولة الفهم ، سهولة الترجمة ، مرونة الإضافة والحذف.	صعوبة تمثيلها للمعرفة الهرمية ، غير كافية للنظم الكبيرة ، لا يمكن تمثيل كل المعارف بقواعد ، صعوبة تمثيل المعارف الوصفية المركبة.
شبكات الألفاظ الدلالية	سهولة تمثيلها للمعرفة الهرمية ، سهولة متابعة العلاقات والروابط ، المرونة.	طريقة إتصال العقد قد يشوبها بعض الغموض ، صعوبة تمثيل الحالات الشاذة ، صعوبة البرمجة.
الهيكل	قدرة التمثيل التوضيحي ، سهولة إنشاء شقوب لخواص وعلاقات جديدة ، سهولة بناء إجراءات خاصة جديدة ، سهولة التعامل مع المعرفة غير الكاملة.	صعوبة البرمجة ، صعوبة الاستدلال ، البرمجيات المتاحة باهظة الثمن.
المنطق	تأكيد الحقائق بغض النظر عن إستخدامها ، الإكتمال.	إنفصال عمليات التمثيل والمعالجة ، غير كافية فى حالة زيادة حجم البيانات المستعملة ، بطيئة جدا مع قواعد المعرفة الكبيرة.



## الفصل الخامس

### الإستدلال والشرح

( Inference and Explanation )





## ٥ - ١ مقدمة

فى الفصلين السابقين استعرضنا طرق اكتساب المعرفة وكيفية تمثيل هذه المعرفة فى قاعدة تعتبر بمثابة القلب النابض لنظم الذكاء الاصطناعى تسمى قاعدة المعرفة ( Knowledge Base ). وبمجرد الإنتهاء من بناء قاعدة المعرفة تبدأ مرحلة بناء برنامج تحكم ( Control Program ) للمساعدة فى معالجة المعارف داخل القاعدة وذلك بفرض الإستدلال ( Inference ) واتخاذ القرار ( Decision Making ) وحل المشاكل ( Problem Solving ) وهذا البرنامج هو عبارة عن خوارزم يتحكم فى بعض عمليات الإنتاج المنطقى ويطلق عليه عادة آلة الإستدلال ( Inference Engine ).

ويقوم برنامج التحكم بتوجيه عمليات البحث ( Search ) خلال قاعدة المعرفة وهذه العملية قد تشمل على تطبيق قواعد الإستدلال ( Inference Rules ) فيما يعرف بتطابق الأشكال ( Pattern Matching ) ويحدد برنامج التحكم أيا من هذه القواعد سيتم اختبارها ، وأيا من البدائل سيتم حذفها وماهى الخواص والصفات المميزة المطلوب تطابقها .

وأكثر الأدوات شيوعا هى التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) والتسلسل الراجع ( Backward Chaining ) وقبل الشرح التفصيلى لطرق الإستدلال المستخدمة مع الذكاء الاصطناعى فإن من الأهمية بمكان عرض طريقة الإنسان فى الإنتاج المنطقى ، التى هى فى النهاية المقياس الحقيقى والقياس لأداء الذكاء الاصطناعى ، وذلك لنرى إلى أى مدى استطاعت الآلة محاكاة الطريقة البشرية فى الإنتاج .

وهناك العديد من الطرق التى يستخدمها الإنسان فى الإنتاج المنطقى وحل المشاكل وهذه الطرق مع اختلافها فإنها تشترك فى استخدام المنهجيات الآتية :

- الطرق المنطقية للإستنتاج .
- الإستنتاج الهرمى باستعمال قاعدة ( إذا - آنذاك ) ( IF - THEN ) .
- التركيز على أكثر الأهداف أهمية باستخدام الحدس ( Common Sense ) .
- تقسيم المشاكل الكبيرة إلى مشاكل فرعية صغيرة ومحاولة حلها منفصلة .
- المعالجة العصبية المتوازية .
- التمثيل ، كطريقة لتنظيم معلومة معينة .
- التناظر ، لمحاولة إيجاد روابط بين المتغيرات .
- الحظ ، أو المصادفة السعيدة التى تؤدى إلى الحل الأمثل دون تكرار المحاولة .

## الإستدلال والشرم

وهذه المنهجيات تظهر فى طرق الإستنتاج الإستنباطى ( Deductive Reasoning ) ، وهى من أفضل الطرق التى يمكن معالجتها باستخدام الحاسب ، وطرق الإستنتاج الإستقرائى ( Inductive Reasoning ) وهى أصعب فى عمليات البرمجة .

### ٥ - ٢ فئات الإستنتاج

#### ٥ - ٢ - ١ الإستنتاج الإستنباطى ( Deductive Reasoning )

هى عملية إستخدام المدخلات المنطقية العامة للحصول على إستدلال معين. فإذا كانت هذه المدخلات صحيحة ( True ) فإنه بالتبعية سيكون الإستنتاج صحيحا. وهذا الإستنتاج يبدأ بمبادئ عامة وينتهى بإستنتاج محدد. والشكل العام لعملية الإستنتاج يبدأ بجملة مدخلات رئيسية ( Major Premise ) ثم مقدمة وسيطة ( Minor Sentence ) يليها الإستنتاج. وفيما يلى مثال يوضح طريقة الإستنتاج بالتبعية :

Major premise : I do not jog when the  
Temperature exceeds 35 degree  
Minor Sentence : Today the Temperature is 38 degree  
Conclusion : Therefore , I will not jog today

#### ٥ - ٢ - ٢ الإستنتاج الإستقرائى ( Inductive Reasoning )

يستخدم هذا الإستنتاج مجموعة من الحقائق المؤكدة أو المدخلات المنطقية للحصول على إستنتاجات عامة.

### مثال

A : Faulty diodes cause electronic equipment failure  
B : Defective transistors cause electronic equipment failure  
C : Defective integrated circuits cause electronic equipment malfunction  
Conclusion : Therefore, defective semiconductor devices are  
a cause of electronic equipment failure

## الإستدلال والشرم

ويتميز هذا النوع من الإستنتاج بأن الحصول على نتيجة الإستدلال يكون شافا وقد يكون استدلالا غير كامل وذلك لأن الإستنتاج يمكن أن يتغير إذا ظهرت حقائق جديدة وفى هذه الحالة يحتوى الإستنتاج على قدر من عدم الثقة أو عدم المصادقية ( Uncertainty ).

### ٥ - ٢ - ٣ الإستنتاج التناظرى ( Analogical Reasoning )

يعتبر هذا الإستنتاج من الطرق الأكثر إستخداما عند الإنسان فهو يعتمد على الإجابة على سؤال ما بطريقة تناظرية. على سبيل المثال عند سؤالك هذا السؤال

**What are the working hours of Engineers in the company ?**

فإذا كنت لاتعرف عدد ساعات عمل المهندسين ولكنك تعلم أن الموظفين عموما يعملون من الثامنة صباحا حتى الثالثة بعد الظهر فعن طريق التناظر يمكنك استنتاج أن المهندسين هم فئة من فئات الموظفين فى الشركة لذلك فهم يعملون نفس عدد ساعات الموظفين من الثامنة حتى الثالثة.

وهناك العديد من طرق الإستنتاج التى يستخدمها الإنسان والتى يحاول مصممو نظم الذكاء الاصطناعى محاكاتها.

ومن أشكال وأساليب الإستنتاج المنطقى المستخدمة فى النظم الخبيرة بواسطة آلات الإستدلال وأكثرها إنتشارا مايلى :

١ - الإستنتاج المنطقى الإجرائى.

٢ - التسلسل المتقدم.

٣ - التسلسل الراجع.

وتستخدم الطريقة الأولى فى النظم الخبيرة المبنية على الهياكل ( Frame - based Systems ) وكذلك النظم المبنية على الشبكات الدلالية ( Semantic Network - Based Systems ) أما الطريقتان الثانية والثالثة فتستخدمان فى النظم المبنية على قواعد الإنتاج ( Production Rule - Based Systems ). وسيتم تناول التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع بشئ من التفصيل فى هذا الفصل.

## الإستدلال والشرم

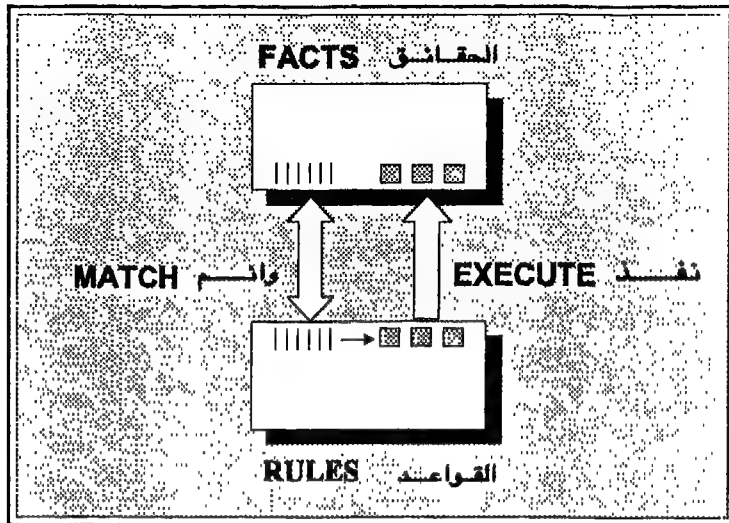
سبق أن أوضحنا فى الفصول السابقة أن أحد المكونات الأساسية للنظم الخبيرة هو آلة الإستدلال ( Inference Engine ) ، والتي تقوم ببناء على المعلومات والبيانات المتعلقة بالمشكلة تحت الدراسة والواردة إلى النظام الخبير بانتقاء المعرفة المناسبة والمخزنة بقاعدة المعرفة والتي تتفق مع هذه المعلومات وتؤدي إلى حل المشكلة بالإضافة إلى استنباط المسببات التي تؤدي إلى الوصول إلى هذا الحل.

ولذلك فإن خاصية الإستدلال المنطقى ( Reasoning ) تعتبر من السمات المميزة لمجال الذكاء الاصطناعى والذي يندرج تحته بالطبع النظم الخبيرة. وخاصية الإستدلال المنطقى ولو فى حدود ضيقة تعتبر إحدى الخصائص المميزة لبرامج الذكاء الاصطناعى وتفرقه عن البرامج النمطية ( Conventional Programs ) المتعارف عليها. ولتوضيح خاصية الإستدلال المنطقى بمثال بسيط نفترض مثلا أن البرنامج يعلم أن " الأولاد جميعهم لهم أمهات " ويعلم أيضا أن " أحمد ولد " ، وبناء على ذلك يمكن أن يتوصل البرنامج إلى أن " أحمد له أم " دون أن يتم إعلامه بهذه الحقيقة بجلء ووضوح وبأسلوب مباشر كما يحدث فى البرامج النمطية.

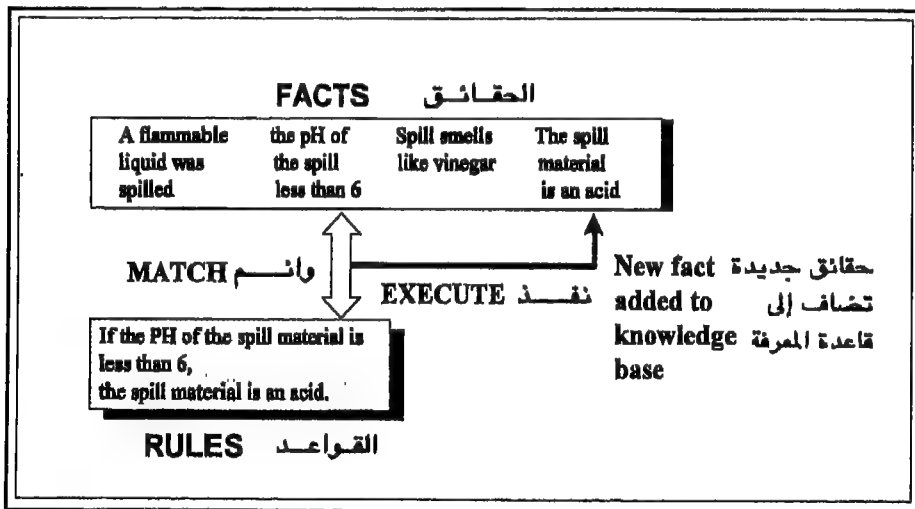
### ٥ - ٣ التسلسل المتقدم ( Forward Chaining )

يتم تمثيل مجال المعرفة ( Knowledge domain ) فى النظم الخبيرة المبنية على قواعد الإنتاج ( Rule - based Expert Systems ) بواسطة مجموعة من القواعد كما سبق الإيضاح. وهذه المجموعة من القواعد يتم مقارنتها بمجموعة من الحقائق ( Facts ) أو المعارف الخاصة بالموقف أو المشكلة المعروضة على النظام الخبير لإيجاد حل لها. وإذا حقق الجزء "إذا" ( IF-Portion ) من القاعدة الحقيقة المعروضة عليه فإن الإجراء أو التوصية الموجودة فى الجزء "آنذاك" ( Then-Portion ) يتم تنفيذها. وبذلك يلاحظ أن آلة الإستدلال تقوم أولا بمواءمة الجزء ( IF ) من القاعدة مع الحقائق أو المعلومات المعروضة عليه ثم تقوم بعد ذلك بتنفيذ هذه القاعدة الذى يتفق الجزء ( IF ) الخاص بها مع تلك الحقائق أو المعلومات وذلك كما يتضح من الشكل ( ١-٥ ). وفى بعض الأحيان يمكن أن يؤدي تنفيذ قاعدة من القواعد إلى تعديل مجموعة من الحقائق فى قاعدة المعرفة وذلك كما يتضح من الشكل ( ٢-٥ ). ويمكن أن تستخدم الحقائق التي تم إضافتها إلى قاعدة المعرفة لتحقيق مواءمة أو مواءمات أخرى مع الجزء ( IF ) من القواعد ( Rules ) كما يتضح من الشكل ( ٣-٥ ). وعند تنفيذ الإجراء المطلوب قد يكون متصلا إتصالا مباشرا ومؤثرا فى العالم الحقيقى ( Real world ) ، مثل استدعاء المطافى مثلا وذلك كما يتضح من الشكل ( ٤-٥ ).

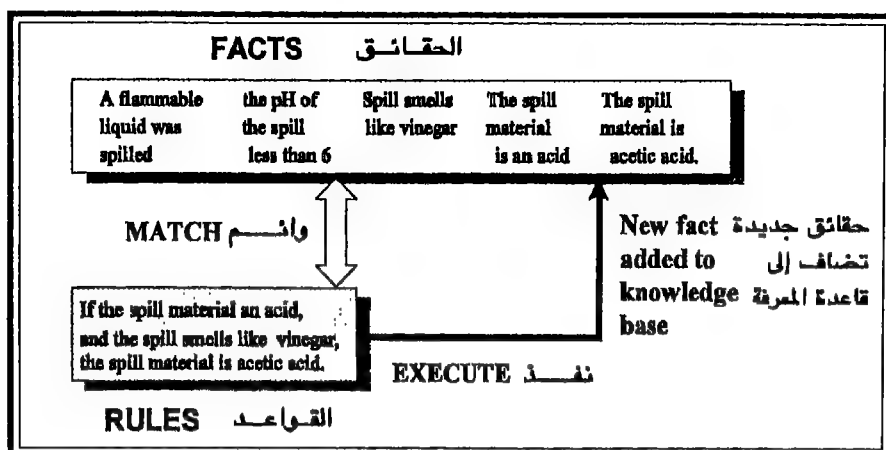
## الإستدلال والشعرم



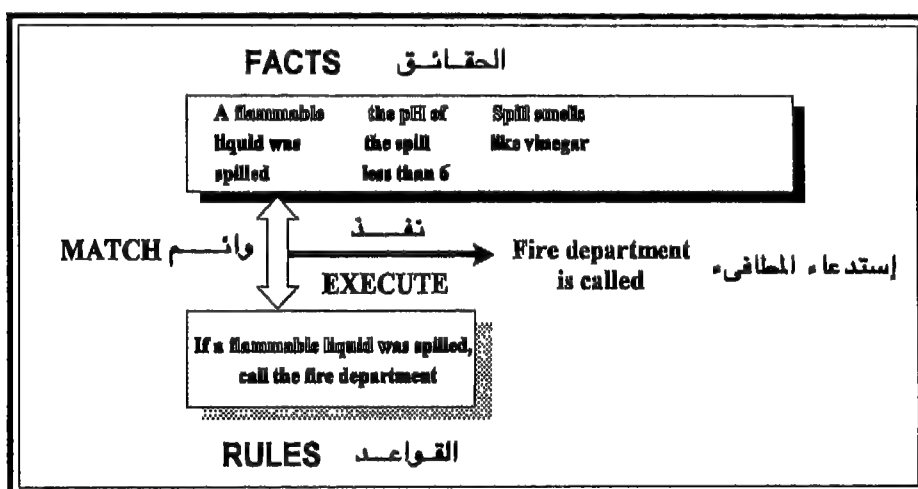
شكل (١-٥)



شكل (٢-٥)



شكل (٢-٥)



شكل (٤-٥)

ويمكن إجمال القواعد التي تم استخدامها في الأشكال (٢-٥)، (٣-٥)، (٤-٥) فيما يلي :

- [1] If a flammable liquid was spilled call the fire department .
- [2] If the pH of the spill is less than 6 the spill material is an acid.
- [3] If the spill material is an acid , and the spill smells like vinegar the spill material is acetic acid.

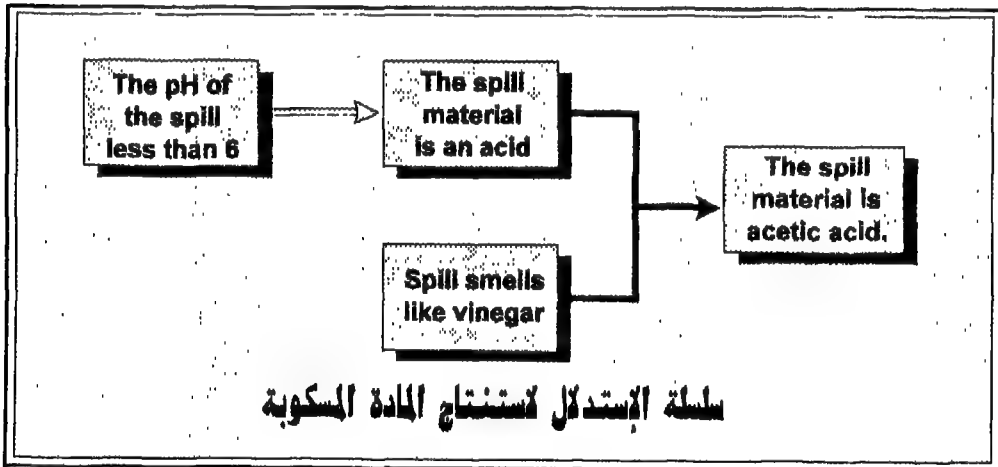
## الإستدلال والشروح

وينتج عادة عن عملية مواءمة القواعد ( Rules ) الموجودة في الأجزاء التي تلى ( IF ) مع الحقائق ( Facts ) ما يطلق عليه سلسلة الإستدلال ( Inference Chain ). ويوضح شكل ( ٥-٥ ) سلسلة الإستدلال التي تكونت من التنفيذ المتتابع للقواعد ٢، ٣ السابقة وذلك لاستنتاج نوعية المادة المسكوبة. ويوضح المثال الذي تم تناوله لتحديد نوعية المادة المسكوبة طريقة التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) للإستدلال المنطقي. كما يوضح شكل ( ٦-٥ ) مثالا لاستخدام أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) بشيء من التفصيل مع مجموعة بسيطة من القواعد. وفي هذا المثال يتم استخدام الحروف الأبجدية الإنجليزية للدلالة على المواقف أو المفاهيم المرتبطة بالقواعد ، أما مجموعة الحقائق المعروضة فإنها تمثل المواقف أو الحالات أو البيانات والمعلومات المعروضة على النظام الخبير ويلاحظ في الشكل ( ٦-٥ ) استخدام العلامة & والسهم  $\rightarrow$  وهي تعنى بالنسبة لـ ( F & B  $\rightarrow$  Z ) مثلا ما يلي :

F & B  $\rightarrow$  Z means

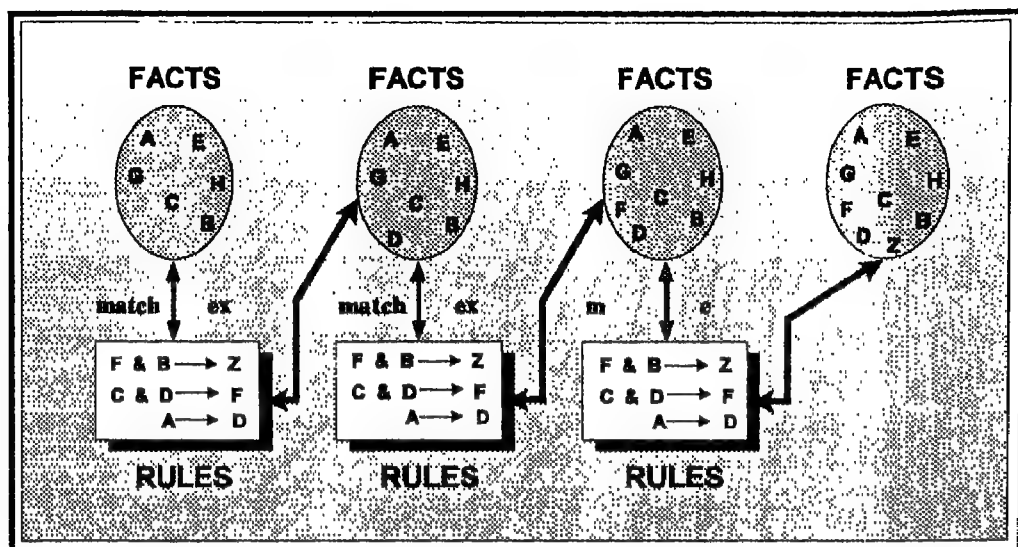
IF : Both Situation F and situation B exist

THEN : Situation Z also exists.



شكل ( ٥-٥ ) سلسلة الإستدلال لاستنتاج المادة المسكوبة

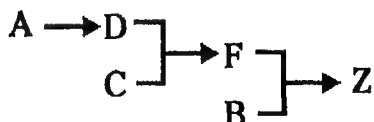
ولشرح كيفية عمل القواعد الموضحة بشكل ( ٦-٥ ) فإنه تم افتراض أنه في كل مرة يتم مواءمة مجموعة من القواعد مع الحقائق المعروضة والموجودة في قاعدة المعرفة ، فإن أول قاعدة تحقق شروط المواءمة يتم تنفيذها بدءا من أعلى ( Topmost ) وهذا يوضح ما يتم ملاحظته في شكل ( ٦-٥ ) من أن القاعدة  $A \rightarrow D$  يتم تنفيذها مرة واحدة فقط رغم أنها تتواءم دائما مع الحقائق المعروضة والموجودة في قاعدة المعرفة.



شكل ( ٦-٥ ) مثال للتسلسل المتقدم

وكما يتضح من الشكل ( ٦-٥ ) فإن أول قاعدة يتم تنفيذها هي  $(A \rightarrow D)$  وذلك لأن  $(A)$  موجود بالفعل في قاعدة المعرفة والتي تحتوي الحقائق المعروضة. وكنتيجة لتنفيذ هذه القاعدة فإنه يتم استنتاج وجود  $(D)$  والتي يتم إضافتها إلى قاعدة المعرفة. ويؤدي ذلك إلى تنفيذ القاعدة الثانية  $(C \& D \rightarrow F)$ ، والتي ينتج عن تنفيذها استنتاج  $(F)$  ووضعها في قاعدة المعرفة وهذا بالتالي يؤدي إلى تنفيذ القاعدة الثالثة  $(F \& B \rightarrow Z)$ ، وينتج عن ذلك وضع  $(Z)$  في قاعدة المعرفة.

ويلاحظ من الشكل ( ٦-٥ ) أن البحث عن معلومات جديدة يبدو كما لو كان يتحرك في اتجاه الأسهم التي تفصل بين الجزء الأيسر والجزء الأيمن لكل قاعدة. وأنه يتم استخدام المعلومات الموجودة في الجانب الأيسر للوصول إلى تلك الموجودة في الجانب الأيمن ويمكن تمثيل سلسلة الإستدلال ( Inference Chain ) في هذه الحالة كما يلي :



وإذا افترضنا أنه تم استخدام هذا النظام لتحديد ما إذا كان الموقف  $(Z)$  موجوداً أم لا مع الأخذ في الاعتبار أن أى نظام خبير حقيقى لا يتكون فقط من ثلاثة قواعد بل يستخدم مئات وربما آلاف منها



## الإستدلال والشوم

، فإنه يتضح لنا أنه سيتم تنفيذ كثير من القواعد التي ليس لها أى علاقة بـ ( Z ) . ولذلك فإنه إذا كان الهدف من النظام الخبير هو استنتاج حقيقة بعينها مثل ( Z ) فاستخدام أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) يعتبر إهدارا للوقت والمال. ويبرز فى هذه الحالة الأسلوب الآخر وهو التسلسل الراجع ( Backward Chaining ) .

وكمثال آخر على التسلسل المتقدم ، نفترض أن قاعدة المعرفة ( Knowledge Base ) تحتوى على القواعد والحقائق التالية :

- Rule 1 : IF you lose the Key and the gas tank is empty ,  
THEN the car is not running .**
- Rule 2 : IF the car is not running and you have no cash ,  
THEN you are going to be late .**
- Fact 1 : You lost the Key.**
- Fact 2 : the gas tank is empty .**

والحقيقتان ١ ، ٢ ( " You lost the key " and " the gas tank is empty " ) يعنيان " أنك فقدت المفتاح " وأن " خزان البنزين فارغ " وبالطبع يقصد هنا بالمفتاح مفتاح السيارة. ويتضح أن الحقيقتين ١ ، ٢ يتم التأكد من وجودهما فى القاعدة رقم ( Rule1 ) بعد موائمتهما بالجزء ( IF ) من هذه القاعدة. ويقوم نظام التسلسل المتقدم باستنتاج النتيجة وهى " The Car is not running " والتي تعنى أن السيارة لاتعمل ، ويقوم بوضعها فى قاعدة المعرفة كحقيقة رقم ٣ ( Fact3 ) والتي تكون متاحة لاستخدامها فى القاعدة رقم ٢ ( Rule2 ) .

ويوضح ماهلى نموذجا مبسطا لبرنامج تسلسل متقدم مكتوبا بلغة " ليسب ( Lisp ) وهى إحدى لغات البرمجة المستخدمة فى مجالات الذكاء الإصطناعى والتي سنتعرض لها بالتفصيل فى الفصول التالية من الكتاب.

;;;Forward Chaining Stuff

(defun Forward-Chain (fact & optional (certainty1.0))

(let (substituion )

(when-debug "Forward-chaining on ~A... " fact)

(dolist (rule \*rule-list\* )

(when (setq substitution (unify fact (rule-premise

## الإستدلال والشرح

```

rule)))
  (when-debug "Forward-chaining with ~A" rule)
  (assert (substitute (rule-conclusion rule)
    substitution)
    (*certainty (rule-certainty rule))))))
(unless substitution
  (when-debug "No applicable rules found."))))
(defun Assert (proposition &optional (certainty 1.0 ))
  "Incorporates proposition into the knowledge base, doing
  forward chaining as appropriate"
  (when-debug "Asserting ~A" proposition)
  (if (ConjunctionP proposition)
    (dolist (prop (cdr proposition))
      (assert prop certainty))
    (stash proposition certainty))
  (forward-chain proposition certainty))

```

وإذا دققنا النظر في هذا البرنامج فإننا نجد أن التسلسل المتقدم يتم باستخدام ثلاثة عناصر أساسية يقوم كل منها بوظيفة معينة وتشكل هذه الوظائف في مجموعها أسلوب تطبيق التسلسل المتقدم (Forward Chaining). وهذه العناصر في هذا البرنامج المكتوب بلغة " ليسب " هي :

- \*Unify
- \*Substitute
- \*Assert

والغرض من ( Unify ) أساسا هو مواءمة الحقيقة المعروضة على المقدمة المنطقية للقاعدة ( Premise ) ، وهي ذلك الجزء من القاعدة ( Rule ) الذي يلي ( IF ) . أما ( Substitute ) فالغرض منها هو الوصول إلى النتيجة المنطقية للقاعدة والتي تلي الجزء ( THEN ) وذلك في حالة مواءمة وتطابق الحقيقة المعروضة مع المقدمة المنطقية للقاعدة. ويقوم ( Assert ) بإضافة النتيجة المنطقية التي تم الوصول إليها كحقيقة جديدة تضاف إلى قاعدة المعرفة لكي يتم مواءمتها مع مقدمة منطقية لقاعدة أخرى موجودة فيها ، وهكذا حتى ينتهي استخدام جميع القواعد الموجودة بقاعدة المعرفة.

## الإستدلال والشرح

ويمكن تلخيص إستراتيجية أسلوب التسلسل المتقدم المستخدم فى آلات الإستدلال ( Inference Engines ) بالنظم الخبيرة فى الخطوات التالية :

- ١- إيجاد قاعدة تتفق مقدمتها المنطقية ( Premise ) - وهى الجزء من القاعدة الذى يلى كلمة ( IF ) - مع الحقيقة أو الموقف المعروض على النظام الخبير .
  - أ - إذا وجدت ، استمر ونفذ الخطوة التالية رقم ٢.
  - ب - إذا لم توجد ، فهذا يعنى فشل النظام الخبير فى الوصول إلى النتيجة أو الهدف المطلوب.
- ٢- استنتاج النتيجة المنطقية - وهى ذلك الجزء الذى يلى الكلمة ( THEN ) - فى القاعدة التى تنطبق مقدمتها المنطقية مع الحقيقة المعروضة على النظام الخبير ، وإضافتها كحقيقة جديدة إلى الحقائق ( FACTS ) المعروضة على النظام الخبير .
  - ٣- هل الحقيقة الجديدة تحقق النتيجة أو الهدف المطلوب ؟
    - أ - نعم - وبذلك يكون النظام الخبير قد نجح فى تحقيق الهدف أو النتيجة المطلوبة.
    - ب - لا - وفى هذه الحالة يتم تكرار الخطوات ١ ، ٢ مرة أخرى.

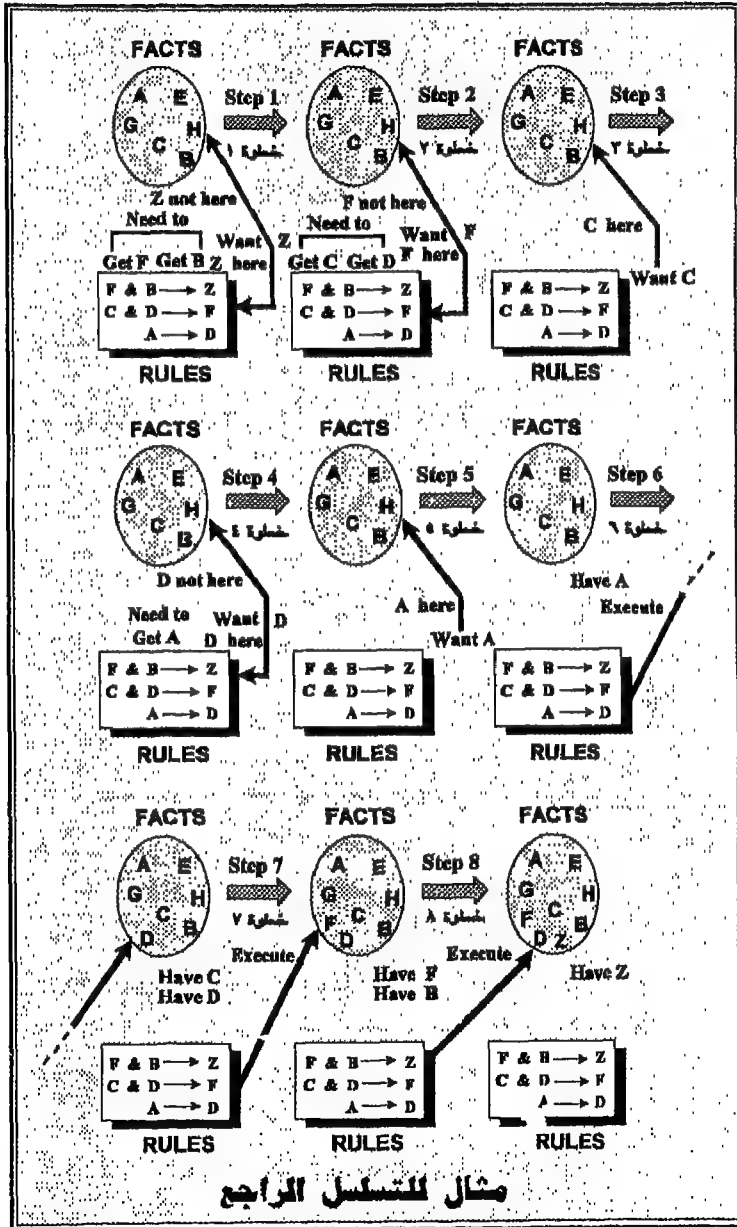
## ٥ - ٤ التسلسل الراجع ( Backward Chaining )

ويطلق عليه أيضا اسم " التسلسل المتقهقر " وهو يستخدم أسلوبا مبنيا على محاولة إثبات النتائج التى يطلق عليها أيضا فرضيات ( Hypothesis ) من الحقائق. ولذلك فهو يبدأ من الأجزاء من القواعد التى تلى كلمة ( THEN ) ومحاولة مواءمتها مع النتيجة أو الهدف ، ثم إيجاد الحقائق ( Facts ) التى تدعم الوصول إلى هذا الهدف. ولهذا يطلق على هذا الأسلوب اسم ( Goal Driven ) ويوضح شكل ( ٥-٧ ) كيفية تطبيق أسلوب التسلسل الراجع على نفس المثال الذى تم تناوله من قبل فى شكل ( ٥-٦ ) بأسلوب التسلسل المتقدم.

وأول خطوة كما يتضح من الشكل هى البداية بما هو مطلوب إثباته أو الوصول إليه ، وهو فى هذه الحالة إثبات أن الموقف ( Z ) موجود وبناء على ذلك فإنه يتم فقط تنفيذ القواعد ( Rules ) المرتبطة بإثبات وبرهان ذلك. وتبدأ الخطوة الأولى بالبحث عن ( Z ) فى قاعدة المعرفة وعندما تفشل فى العثور عليها فإنها تبحث عن القواعد التى تستنتج ( Z ) ، وهى تلك القواعد التى توجد ( Z ) فيها على الجانب الأيمن من السهم. ويجد النظام الخبير أن ذلك ينطبق على القاعدة (  $F \& B \rightarrow Z$  ) ، ولذلك فإنه يقرر أنه لابد من وجود ( B , F ) من أجل الوصول إلى استنتاج ( Z ) . وفى الخطوة الثانية يحاول النظام إثبات وجود ( F ) ، ويبدأ ذلك بالبحث فى قاعدة المعرفة حتى يجد القاعدة التى تستنتج ( F ) . ومن هذه القاعدة (  $C \& D \rightarrow F$  ) يقرر النظام أنه لابد من وجود C , D من أجل استنتاج ( F ) . وفى الخطوات من ٢ إلى ٥ فإن النظام يجد ( C ) فى قاعدة المعرفة ولكنه يقرر أنه لابد من إثبات وجود ( A ) قبل استنتاج ( D ) . وعندئذ يجد ( A ) فى قاعدة المعرفة. وفى الخطوات من ٦ إلى ٨

## الإستدلال والشروط

فإن النظام ينفذ القاعدة الثالثة لإثبات ( D ) ، ثم يقوم بتنفيذ القاعدة الثانية لإثبات ( F ) ، وأخيرا ينفذ القاعدة الأولى وذلك لإثبات الهدف الرئيسي ( Z ) . وسلسلة الإستدلال ( Inference Chain ) فى هذه الحالة تتطابق تماما مع تلك التى تتكون فى حالة التسلسل المتقدم . ولكن الإختلاف بين الإثنين يكمن أساسا فى الطريقة التى يتم بها البحث فى القواعد الموجودة فى النظام الخبير والحقائق المعروضة عليه .



شكل ( ٧-٥ )

## الإستدلال والشهرم

ويمكن استخدام أسلوب التسلسل الراجع فى المثال الآخر الذى تم تناوله بالتسلسل المتقدم وهو :

**Rule 1 : IF you lose the key and the gas tank is empty,  
THEN the car is not running.**

**Rule 2 : IF the car is not running and you have no cash ,  
THEN you are going to be late .**

**Fact 1 : You lost the key.**

**Fact 2 : The gas tank is empty.**

فإذا كان المطلوب مثلاً إثبات فرضية ( Hypothesis ) أنك ستكون متأخراً ( you are going to be late ) مع وجود الحقائق والقواعد الموجودة بالمثال فإن التسلسل الراجع يمكن استخدامه ويبدأ بالقاعدة رقم ٢ وذلك لتطابق النتيجة الخاصة بها وهى الجزء الذى يلى الكلمة ( THEN ) ( you are going to be late ) مع الهدف أو الفرضية المطلوب تحقيقها. ونظراً لأن قاعدة المعرفة لا تحتوى على الحقائق التى تمثل المقدمة المنطقية ( Premise ) لهذه القاعدة ( الجزء الذى يلى كلمة ( IF ) ) وهى ( The Car is not running ) ، ( you have no cash ) فإن الحقيقة ( The Car is not running ) ستصبح أول هدف فرعى ( Subgoal ). وعندئذ فإن القاعدة رقم ١ سيتم تنفيذها وذلك لتطابق نتيجتها ( وهى الجزء الذى يلى كلمة ( THEN ) ) مع الهدف الفرعى ( Subgoal ). وتنفيذ القاعدة رقم ١ يتأكد أن مقدمتها المنطقية ( Premise ) تتطابق مع الحقائق الموجودة بقاعدة المعرفة والمعروضة على النظام الخبير ( Facts 1, 2 ). ولكن ما زال هناك هدف فرعى آخر لم يتم تحقيقه وإثباته وذلك لعدم وجوده بقاعدة المعرفة وعدم وجود أى قاعدة من القواعد الموجودة ذات ارتباط به. ولذلك فإن النظام يقوم بسؤال المستخدم مثلاً :

**" IS IT TRUE THAT : you have no cash ? "**

وإذا كانت الإجابة بنعم ( Yes ) فإن الهدف الفرعى الثانى ( Second Subgoal ) يكون قد تم تحقيقه وبذلك يتم إثبات الهدف الرئيسى ، ويكون الاستنتاج هو ( you are going to be late ).

ويوضح ما يلى نموذجاً مبسطاً لبرنامج تسلسل راجع ( Backward Chaining ) مكتوباً بلغة ليسب :

```
(defun Backward-Chain ( )
  (let ((goal (car *goal-list*))
        substitution antecedent subs consequent subs)
    (when-debug "Backward-chaining on ~A..." goal)
```

---

```

(dolist (rule *rule-list*)
  (setq consequent-subs (unify goal (rule-conclusion
rule))))
  (when consequent-subs
    (push-last (list goal consequent-subs : rule rule
(rule-premise rule))
      *last-goal-achievement*)
    (when-debug "Match achieved with conclusion of ~A
using ~A"
      rule consequent-subs)
    (incf *debug-level*)
    (setq antecedent-sucs
      (or achieve-goal (substitute (rule-premise
rule)
consequent-subs))
      (and (rule-askable? rule)
        (ask-user (rule-premise rule))))))
    (decf *debug-level*)
    (when antecedent-subs
      (return (srtq substitution
        (compose consequent-subs
antecedent-subs))))))
(unless substitution
  (when-debug "No Matching conclusion dor goal ~A."
goal))
substitution))

```

---

وإذا دققنا النظر في هذا البرنامج فإننا نجد أن التسلسل الراجع يشمل العناصر الأساسية الآتية :

- \* Unify
- \* Substitute
- \* Achieve-goal
- \* Ask - user

## الإستدلال والشرح

وكل عنصر من هذه العناصر يقوم بأداء وظيفة معينة وتشكل هذه الوظائف فى مجموعها أسلوب تطبيق التسلسل الراجع ( Backward Chaining ). وقد تم التعرض من قبل للفرض من ( Unify ) ، ( Substitute ) . أما الهدف من ( Achieve - goal ) فهو تحقيق الهدف أو النتيجة أو إثبات الفرضية المطلوبة. ويتم استدعاء ( Ask-user ) عندما لا يكون هناك أى حقائق أو أى قواعد ذات ارتباط بنتائج أو أهداف لم يتم إثباتها وتحقيقها وذلك كما تم فى المثال السابق فى حالة ( you have no cash ).

ويمكن تلخيص إستراتيجية التسلسل الراجع المستخدم فى آلات الإستدلال ( Inference Engines ) بالنظم الخبيرة فى الخطوات التالية :

١ - إيجاد قاعدة يتفق الجزء الذى يلى كلمة ( THEN ) بها ( النتيجة المنطقية ) مع الهدف ( Goal ) .

أ - إذا وجدت - إنتقل إلى الخطوة رقم ٢ .

ب - إذا لم توجد - يفشل النظام الخبير .

٢ - إستخدام المقدمة المنطقية للقاعدة ( Premise ) ( الجزء الذى يلى كلمة ( IF ) ) فى عمل هدف أو أهداف فرعية جديدة ( New Sub-Goals ) .

٣ - إيجاد الحقيقة أو الحقائق ( FACTS ) التى تحقق الأهداف الفرعية الجديدة

أ - جميع الأهداف تم تحقيقها - وبذلك فقد تم التنفيذ

ب - هناك أهداف غير محققة - كرر الخطوات مرة أخرى

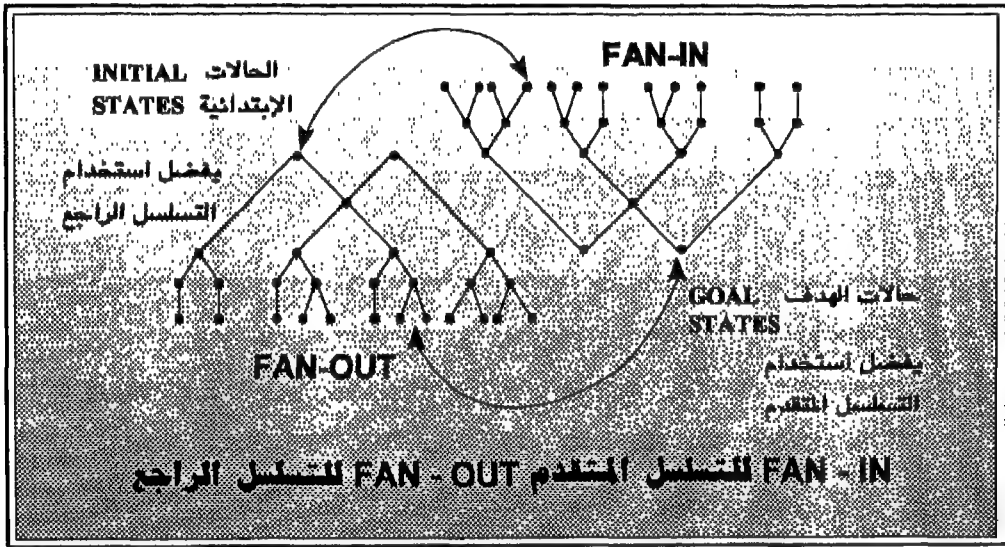
أو أسأل المستخدم عن حقائق جديدة ( New FACTS )

## ٥ - ٥ مقارنة التسلسل المتقدم بالتسلسل الراجع

إن اختيار أسلوب التسلسل المتقدم أو أسلوب التسلسل الراجع للإستدلال المنطقى ( Reasoning ) فى آلات الإستدلال ( Inference Engines ) فى النظم الخبيرة يعتمد إلى حد كبير على شكل وحيز وحدود المشكلة المراد حلها . ونظرا لأن أى نظام خبير يبدأ عمله عادة من موقف أو وضع حالى ( Current State ) ويطلق عليه الحالة الابتدائية ( Initial State ) وذلك للوصول إلى هدف أو نتيجة معينة يمكن أن يطلق عليها حالة أو وضع الهدف ( Goal State ) ، فإنه كما يتضح من الشكل ( ٥ - ٨ ) واستنادا إلى ذلك يمكن تحديد الاختيار الأفضل بين التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع. فإذا كانت المواقف والأوضاع الابتدائية متعددة ومتنوعة وسوف تؤدى إلى نتائج أو أهداف محددة وهو ما يطلق عليه ( FAN-IN ) يبرز هنا التسلسل المتقدم كأسلوب أمثل للإستدلال المنطقى

## الإستدلال والشرح

( Reasoning ). أما إذا كانت المواقف والأوضاع الابتدائية محددة وتؤدي إلى نتائج متعددة ومتنوعة وهو ما يطلق عليه ( FAN-OUT ) فإنه يبرز هنا التسلسل الراجع والذي طبقا لأسلوب عمله في الواقع يعتبر ( FAN-IN ) ولكن في الاتجاه العكسي. واختيار أسلوب الإستدلال المناسب يسهل إلى حد كبير الوصول إلى الحل المناسب للمشكلة المعروضة على النظام الخبير وهناك العديد من النظم الخبيرة تستخدم أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) كما أن هناك نظما خبيرة أخرى تستخدم أسلوب التسلسل الراجع. وللإستفادة من مميزات كلا الأسلوبين طبقا لطبيعة الإستخدام ، فقد بدأت النظم الخبيرة تستخدم الدمج بين الأسلوبين.



شكل (٨-٥)

## ٥ - ٦ شجرة الإستدلال ( The Inference Tree )

تعطى شجرة الإستدلال ، والتي تسمى أيضا شجرة الهدف ( Goal Tree ) أو الشجرة المنطقية ( Logical Tree ) نظرة عامة وتخطيطية لعملية الإستدلال وهي تشبه شجرة القرار ( Decision Tree ). وكما سبق أن ذكرنا فإن كل قاعدة تتكون من مقدمة منطقية ( Premise ) واستنتاجات ( Conclusions ) وكل منها يظهر كعقد ( Nodes ) في شجرة الإستدلال وتتصل فيما بينها بأفروع ( Branches ). وتفيد شجرة الإستدلال في إلقاء نظرة داخلية على تركيب القاعدة والشكل ( ٩-٥ ) يوضح شجرة ممثلة بطريقة التسلسل الراجع للمثال الآتي :



R1 : IF A and C

THEN E

R2 : IF D and C

THEN F

R3 : IF B and E

THEN F

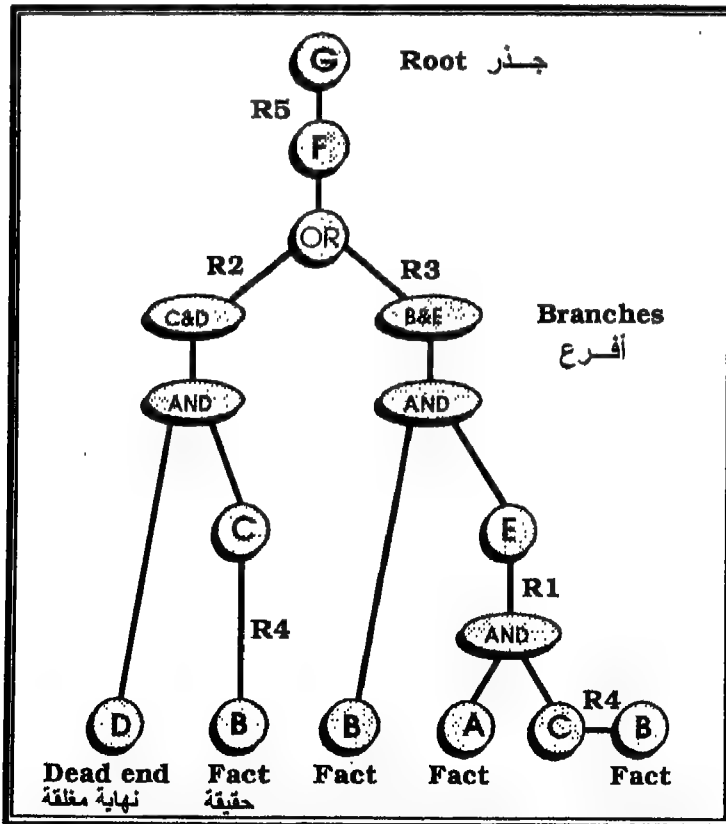
R4 : IF B

THEN C

R5 : IF F

THEN G

and the facts A & B are true



شكل (٩-٥)

## الإستدلال والشرح

وباستخدام الشجرة الموضحة في شكل ( ٥ - ٩ ) يمكن رؤية عملية الإستدلال وكيفية التحرك عبر الأفرع فيما يسمى العبور الشجري ( Tree Traversal ). ولكي نعبر العقدة ( AND ) يجب العبور خلال كل العقد الأدنى منها أما لعبور العقدة ( OR ) فإنه يكفي عبور عقدة واحدة فقط أدنى منها.

كذلك تقدم شجرة الإستدلال طريقة إرشادية للإجابة عن الأسئلة لماذا ؟ ( Why ? ) وكيف ؟ ( How ? ) في عملية الشرح ( Explanation Process ) - فالسؤال (كيف ؟) من الأسئلة الدائمة للمستخدم للإستفسار عن كيفية الوصول لاستنتاج معين أما السؤال (لماذا ؟) فهو من الأسئلة الخاصة بالمستخدم لطلب أية مدخلات ( Inputs ) للحاسب تكون غير موجودة في قاعدة المعرفة.

## ٥ - ٧ الشرح ( Explanation )

الخبراء مطالبون دائما بشرح وجهة نظرهم أو توصياتهم أو قراراتهم والمتعلقة بطريقة حل مشكلة معينة أو اتخاذ قرار . ولأن النظم الخبيرة مطالبة بمحاكاة الإنسان في أدائه للمهام الصعبة والمعقدة لذلك يجب تصميم هذه النظم بحيث تكون قادرة على تفسير قراراتها أو حلولها وشرح طريقة الوصول إلى هذه القرارات أو تلك الحلول. والشرح ( Explanation ) هو ببساطة عملية إجابة عن أسئلة معينة تخص السبل التي تتبعها النظم الخبيرة في الإستنتاج المنطقي أو إصدار التوصيات ( Recommendations ) أو إيجاد الحلول للمشاكل. ومعظم النظم الخبيرة تحتوى على جزء يسمى المبرر ( Justifier ) له مهام عديدة نذكر منها الآتى :

- ☐ إظهار النظام بمظهر الذكاء أمام المستخدم.
- ☐ تصحيح أخطاء التشغيل عن طريق مهندس المعرفة.
- ☐ تفسير المواقف غير المألوفة للمستخدم.
- ☐ إعطاء ثقة لمستخدم النظام الخبير أثناء تشغيله.
- ☐ توضيح الافتراضات الخاصة بظروف تشغيل النظام.
- ☐ إجراء عمليات تحليل الحساسية ( Sensitivity Analysis ) بمعنى إستخدام قدرات التفسير في التنبؤ واختبار مدى تأثير التعديلات التي يمكن إدخالها على النظام ومدى حساسية النظام لمثل هذه التعديلات.

وبناء قدرة الشرح والتفسير لأي نظام خبير من العمليات الصعبة والمعقدة خاصة عند محاولة إنجازها بواسطة الحاسب ولهذا السبب فإن معظم الإمكانيات الحالية للشرح مبنية على نوعين رئيسيين هما لماذا ؟ وكيف ؟. وفيما يلي بعض الأمثلة التي توضح إستخدامها عند التفاعل بين المستخدم والحاسب.

**COMPUTER : What is your annual income ?**

**CLIENT : Why ? ( why do you need to know ? )**

**COMPUTER : In checking R2 , I need to know if your income is above 45,000\$. IF this is true , I will conclude that because you have a college degree, you should invest in growth stocks**

ونلاحظ أن النظام الخبير يسأل عن الدخل السنوي للمستخدم لأنه لم يجده في الجزء الإستنتاجي  
( Conclusion Part ) لأى قاعدة.

**COMPUTER : Invest in IBM stocks**

**CLIENT : How ? ( How was the conclusion reached ? )**

**COMPUTER : Given that you have 10,000\$ to invest and according to Rule 4 you have to invest in growth stocks then IBM is your best bet.**

ونلاحظ أن الحاسب يحاول شرح الأسباب التي بنى عليها إستنتاجه المنطقي.

وبعض نظم الذكاء الإصطناعي المعقدة يمكنها الإجابة عن أسئلة مثل ولماذا لا ؟ ( Why not )  
على سبيل المثال :

**COMPUTER : Invest in IBM stocks**

**CLIENT : Why not GE ?**

**COMPUTER : Because the annual growth rate of GE is only 7% ,  
whereas that of IBM is 11% , using Rule 78.**

ويطلق على المعرفة الخاصة بطرق الإستنتاج ( المعرفة عن المعرفة ) أو ( Knowledge about knowledge ) أو ( Metaknowledge ). وتتيح هذه المعارف للنظام قلرا من المرونة والصلاحية في اختبار المعرفة الوصفية ( Declarative Knowledge ) والمعرفة الإجرائية ( Procedural Knowledge ) الموجودة في قاعدة المعرفة ، وفي المستقبل ستكون هذه

## الإستدلال والشروح

المعارف قادرة على بناء المفاهيم الخاصة بكل قاعدة آليا وستكون قادرة على مواءمة عمليات التفسير لمتطلبات المستخدم بالإضافة إلى القدرة على تغيير تراكيبها الداخلية عن طريق تصحيح القواعد الموجودة داخل قاعدة المعرفة وإعادة تنظيمها من جديد.

وهناك العديد من الطرق الخاصة ببناء القدرة على الشرح والتبرير للنظم الخبيرة. وأبسط هذه الطرق هي إعداد نص مكتوب باللغة الإنجليزية داخل النظام يحتوى على كل الإجابات لأسئلة المستخدم المحتملة وكل سؤال من قبل المستخدم يكون له إجابة خاصة به وتسمى هذه الطريقة الشرح الإستاتيكي ( Static Explanation ). وهذه الطريقة يصعب تطبيقها فى النظم الخبيرة كما أنها لاتتيح للنظام فهم ماشرحه وعند إجراء تعديل فى البرنامج أو فى أحد القواعد دون تعديل نص الإجابات المكتوب مسبقا يتسبب ذلك فى حدوث عدم التوافق ( Inconsistency ) بين أداء البرنامج وأسباب هذا الأداء.

والطرق الديناميكية للشرح ( Dynamic Explanation ) هي أفضل من سابقتها الإستاتيكية. فهي قادرة على إعادة تركيب وبناء الأسباب المتعلقة بتنفيذ مهمة معينة عند تعديل أى حقائق أو قواعد مرتبطة بها. وأى نظام خبير تكمن قوته وفاعليته فى الإدارة المؤثرة والفعالة لعمليات الإستنتاج المنطقى باستخدام القواعد المناسبة بالإضافة إلى آلة الإستدلال.

## الفصل السادس

### عدم المصداقية

( Uncertainty )



## ٦ - ١ مقدمة

تتم عملية بناء النظم المبنية على المعرفة وتأسيس طرق الإستنتاج الإجرائية تحت قدر مفروض من الثقة أو المصادقية ( Certainty ) ولكن فى الواقع دائما ما نتعامل مع مواقف ( Situations ) بها معلومات غير دقيقة. فمثلا النظم المبنية على المعرفة والتي تهدف إلى تقليد السلوك الإنسانى ( Human Behavior ) يجب أن تكون قادرة على الإستنتاج فى وجود معلومات بها قدر من عدم المصادقية أو الثقة ( خلال هذا الفصل وباقى الكتاب سيتم استخدام أحدى الكلمتين ، المصادقية أو الثقة ). وأحد مصادر عدم الثقة هو عدم القدرة على إعطاء إجابات محددة عند الحاجة إلى ذلك. فمثلا عند الاختيار بين إجابتين ( A ) ، ( B ) فإن المستخدم قد يجيب أنه متأكد من ( B ) بنسبة 30% ومتأكد من ( A ) بنسبة 70%.

وتعتبر المعلومات غير الدقيقة ( Imprecise ) وغير المكتملة ( Incomplete ) مصدرا آخر من مصادر عدم الثقة ( Uncertainty ). وهناك طرق عديدة للتعامل مع المعلومات التى بها قدر من عدم الثقة وترتبط معظم هذه الطرق بنظريات حسابية وإحصائية. وقد تم تحديد أربعة طرق لتمثيل المعلومات التى بها نسبة عدم ثقة وهى كالآتى :

- الاحتمالات ( أو طريقة بايزيان ) ( Probabilities, (Bayesian Approach)).
- معاملات الثقة ( Certainty Factors ).
- نظرية الدليل ( Theory of Evidence ).
- نظرية فاذى المنطقية ( أو منطق فاذى ) ( Fuzzy Logic ).

وذلك بالإضافة إلى طرق الحسابات العصبية ( Neural Computing ) وخوارزميات الجينات ( Genetic Algorithms ) وهى من الطرق الواعدة ولكنها ما تزال فى مرحلة التطوير.

## ٦ - ٢ طرق معالجة عدم الثقة

فى نظرية القرار ( Decision Theory ) يوجد فرق بين اتخاذ القرار مع وجود عدم الثقة واتخاذ مع وجود المخاطرة ( Risk ). فى الحالتين تكون النتيجة غير أكيدة ( Not Sure ) ولكن فى وجود المخاطرة يستطيع الإنسان التنبؤ باحتمالات النتائج

## عدم المصادقية

أما في حالة عدم الثقة فهناك قدر من المعرفة بإمكانية تحقيق بعض النتائج ولكن دون التنبؤ بأي احتمالات.

ويجمع مجال الذكاء الإصطناعي بين القدرة على التنبؤ باحتمالات النتائج وأيضاً القدرة على توقع نتائج بدون احتمالات. لذلك فإن عدم الثقة في مجال الذكاء الإصطناعي والمعروف بالإستنتاج المنطقي التقريبي ( Approximate Reasoning ) يكون نتيجة معالجة معلومات غير كاملة بمعنى معلومات جزئية ( Partial ) أو لا يمكن الإعتماد عليها ( Unreliable ) أو معلومات متعددة المصادر ( Multiple Sources ) أو معلومات تقريبية ( Approximate ).

وفي المجال الهندسي يعنى عدم الثقة معرفة حدود الخطأ ( Error Margin ) في قيم المتغيرات الرقمية وإذا كانت قيمة المتغير مرمزة ( Symbolic ) فيمكن تمثيل عدم الثقة بتعبيرات كمية ( Quantitative ) أو باستخدام فئات فازی ( Fuzzy Sets ) مع دوال العضوية ( Membership Functions ).

وتتم معالجة عدم الثقة في مجال الذكاء الإصطناعي على ثلاثة مراحل ( Three Steps ) كما يوضح شكل (٦-١). في المرحلة الأولى ( Step 1 ) يقوم الخبراء بإمداد المعلومات غير الأكيدة ( Inexact ) على هيئة قواعد ( Rules ) مع القيم المحتملة ( Likelihood Values ) وهذه القيم يمكن أن تكون عددية أو بيانية أو مرمزة ( Symbolic ) مثل :

It is most likely that ....

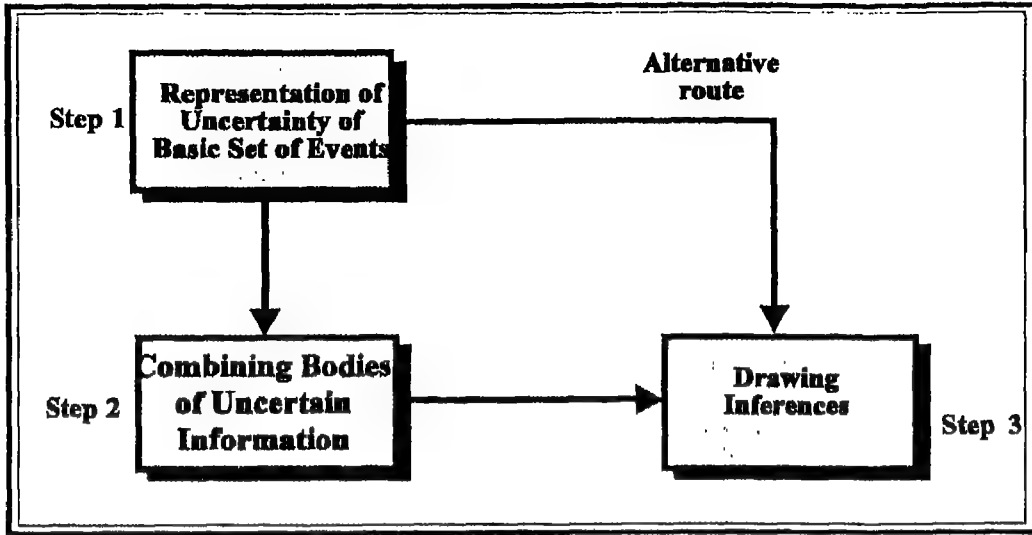
أما في المرحلة الثانية ( Step 2 ) فيتم استخدام المعلومات غير الأكيدة لفئة الأحداث الأساسية لرسم الإستدلال في الحالات البسيطة. وفي حالات كثيرة يتم ربط الأحداث المختلفة وذلك بدمج المعلومات المقدمة في المرحلة الأولى مع قيم عامة ( Global ) للنظام باستخدام نظرية الاحتمالات أو نظرية الدليل أو معاملات الثقة أو فئات فازی.

وفي المرحلة الثالثة يكون هدف النظام المبني على المعرفة ( Knowledge-Based System ) هو بناء الإستدلال ( Inference ) باستخدام آلة الإستدلال ( Inference Engine ). وفي هذه المرحلة يقوم الخبراء بتعديل المدخلات ( Inputs ) في المرحلة الأولى بناء على المخرجات من المرحلة الثانية والثالثة.



## عدم المصادقية

من هنا يمكن تقسيم طرق معالجة عدم الثقة إلى مجموعتين أساسيتين هما :



شكل (١-٦)

### ١- تقنيات إستدلال الثقة المتوازية ( Parallel Certainty Inference Techniques )

فى هذه التقنيات تعامل المعلومات على أنها أكيدة ، فى حين أنها غير ذلك ، أو تعالج معالجة متوازية لتحديد مقدار عدم الثقة المصاحب للإستدلال. وسوف يتم إستعراض ثلاثة طرق من هذا النوع فى هذا الجزء وهى نظرية الإحتمالات لبايز ومعاملات الثقة ونظرية الدليل لليمبستر وشيفر.

### ٢- تقنيات هيكلة عدم الثقة ( Uncertainty Structuring Techniques )

فى هذه الطرق يتم بناء المعرفة غير المؤثوقة وعمل تراكيب عديدة لها. ومن هذه التقنيات فئات / منطق فازى ( Fuzzy Logic Sets ) والشبكات العصبية ( Neural Nets ) وخوارزميات الجينات ( Genetic Algorithms ).

## ٦ - ٣ تمثيل عدم الثقة ( Representation of Uncertainty )

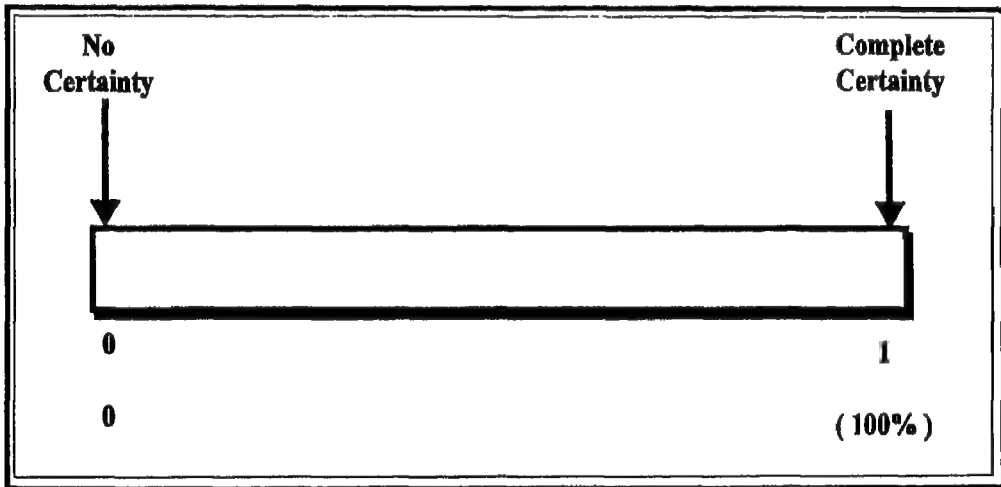
هناك عدة طرق لتمثيل عدم الثقة منها التمثيل العدى والتمثيل الجرافيكى والتمثيل المرمز. وسوف يتم شرح هذه الطرق فى هذا الجزء باختصار.

## عدم المصادقية

### ٦ - ٣ - ١ التمثيل العددي ( Numeric Representation )

وهى من الطرق الشائعة لتمثيل عدم الثقة ويستخدم لذلك مسطرة تبدأ برقم ( 0 ) والذي يمثل عدم الثقة الكاملة وينتهى برقم ( 1 ) أو ( 100 % ) والذي يمثل الثقة الكاملة ( Complete Certainty ) انظر شكل ( ٦-٢ ).

وهذا التمثيل يناسب طريقة معالجة عدم الثقة باستخدام نظرية الاحتمالات. وهناك بعض الصعوبات التى تواجه الخبراء فى استخدام التمثيل العددي منها أن الحصيلة العلمية للإنسان يتم بناؤها على الثقة المطلقة فمثلا لحساب الوقت اللازم للسفر بين بلتين المسافة بينهما ٢٠٠ كم باستخدام عربة سرعتها ٥٠ كم / ساعة نجد أنه ٤ ساعات. هذه المدة التى تم حسابها بقسمة المسافة على السرعة يمكن أن تتغير تبعا لحركة المرور وحالة الطقس التى تؤثر بالتالى على سرعة العربة . الخ.



شكل ( ٦-٢ )

وهناك أيضا صعوبة استخدام الأعداد بمعنى اختلاف الأعداد المفروضة من خبير لآخر حسب التجربة الشخصية لكل منهم. وهذه التجربة تتأثر كثيرا بقدر المعرفة الناتجة من تراكم الخبرات.

## عدم المصادقية

### ٦ - ٣ - ٢ التمثيل الجرافيكى (البىانى)

كما سبق الإشارة فإن كثيرا من الخبراء يمكنهم وصف عدم الثقة فى صورة عددية  
مثل :

It is 85% certain that ....

ولكن بعض الخبراء يجد صعوبة فى ذلك ومن هنا تأتى أهمية التمثيل الجرافيكى.  
وفى هذا النوع من التمثيل يستخدم عمود أفقى كالموضح بالشكل (٣-٦) ويقوم  
الخبراء بوضع علامات عليه تمثل عدم الثقة.

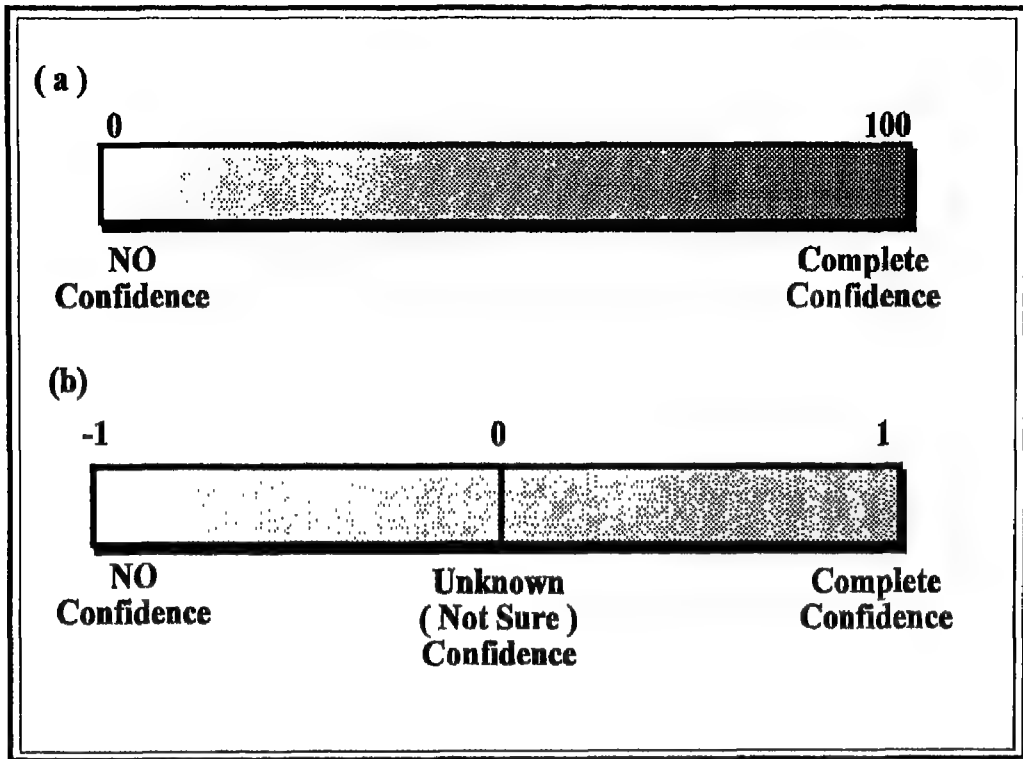


شكل (٣-٦)

ويمكن استخدام الأعداد مع مقياس الثقة كما يتضح من الشكل  
(٤-٦). ويسمى مقياس الثقة (b) فى الشكل السابق المقياس المبني حول الصفر  
(Scale Built Around Zero).

ورغم أن بعض الخبراء يفضلون التمثيل الجرافيكى فإن الرسومات لاتكون عادة دقيقة  
كالأعداد كما أن معظم الخبراء ليست لديهم خبرة كافية بالرسومات أو تمثيل الأعداد على مقياس  
الرسم.

## عدم المصادقية



شكل (٦-٤)

### ٦ - ٢ - ٣ التمثيل الرمزي ( Symbolic Representation )

من بين الطرق العديدة لتمثيل عدم الثقة بالطريقة الرمزية يفضل الخبراء استخدام مقياس ليكرت ( Likert Scale ) وهو مقياس ذو خمسة نقاط ( Five-Point Scale ) تمثل كالآتي :

- ☐ بعيد الإحتمال ( Very Unlikely ) .
- ☐ غير محتمل ( Unlikely ) .
- ☐ متعادل ( Neutral ) .
- ☐ محتمل ( Likely ) .
- ☐ محتمل جدا ( Very Likely ) .

## عدم المصادقية

وأسلوب الترتيب ( Ranking ) من الأساليب الشائعة الإستخدام بين الخبراء حيث يتم الترتيب حسب الأهمية ( Ordinal Ranking ) أو حسب القيمة العددية ( Cardinal Ranking ) ويصاحب التمثيل بالترميز إستخدام الأرقام أو يمكن تحويله إلى قيم عددية. فمثلا في مقياس ليكرت ذى الخمسة نقاط يتم إعطاء وزن قيمته ( واحد إلى خمسة ) لكل قيمة من قيم المقياس.

## ٦ - ٤ الاحتمالات ونظرية بايزيان ( Probabilities and Bayesian Approach )

الإحتمالات هي فرصة وقوع أو عدم وقوع حدث معين ويتم حسابها كالآتى :

$$P(x) = \frac{\text{Number of favoring the occurrence of event}}{\text{Total number of events}}$$

بمعنى أن إحتمال وقوع حدث ( x ) ونعبر عنه بالدالة P(x) هو نسبة عدد مرات وقوع الحدث (x) إلى العدد الكلى لمرات وقوع الأحداث ( Events ).

وهناك بعض النظم المبنية على المعرفة والتي تسمح بقيم إحتتمالات متعددة ( Multiple Probabilities ). على سبيل المثال : قاعدة ( Rule ) لها ثلاثة أجزاء مرتبة حسب قيمة إحتمال كل جزء وهذه الأجزاء لاتعتمد على بعضها لذلك يكون إحتمال حدوث القاعدة هو حاصل ضرب إحتمال حدوث الأجزاء الثلاثة كالآتى :

$$p = (0.9) * (0.7) * (0.65) = 0.4095 = 0.41$$

أى أن الإحتمال المركب هو ( 41 % ).

وهناك طرق عديدة لضم الإحتتمالات وذلك بضررها أو بأخذ متوسطها أو أخذ أكبر أو أصغر قيمة لها وذلك باعتبار أن الأحداث ( Events ) والقواعد ( Rules ) لاتعتمد على بعضها أما فى حالة إعتماها على بعضها البعض فتستخدم طريقة بايزيان ( Bayesian Approach ).

## عدم المصادقية

وطريقة بايزيان هي آلية لدمج الأدلة ( Combining Evidences ) الحالية والجديدة. على سبيل المثال : لدينا احتمالات للحدث ( A ) والحدث ( B ) لذلك فإن احتمالات وقوع الحدث ( A ) والتي تسمى ( Posterior Probability ) تكون كالآتي :

$$P(A/B) = \frac{P(B/A) * P(A)}{P(B/A) * P(A) + P(B/\text{not } A) * P(\text{not } A)}$$

Where  $P(B/A)$  = probability of event A  
occurring given that B  
has already occurred

$P(A)$  = probability of event A  
occurring

$P(B/A)$  = additional evidence of B  
occurring , given A

$P(\text{not } A)$  = A is not going to occur

and

$$P(A) + P(\text{not } A) = 1$$

وبفرض أن عدد الاحتمالات هو ( n ) فإن صورة العلاقة السابقة تصبح :

$$P(A/B) = \frac{P(A_i) * P(B/A_i)}{P(B/A_1) * P(A_1) + \dots + P(B/A_n) * P(A_n)}$$

Where

$$P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n) = 1$$

وتعتمد نظرية بايزيان على الفروض الآتية :

- ☐ إفتراضات منفصلة ومتساوية.
- ☐ أحداث غير معتمدة على بعضها.
- ☐ مجموعة كاملة من الإفتراضات المتوالية.

وهذه النظرية تناسب المواقف جيدة البناء (Well-Structured Situations) أي المواقف كاملة البيانات وأيضاً تحقق الإفتراضات (Hypotheses) وهو ما لا يحدث غالباً

## عدم المصادقية

فى العالم الحقيقى. ولاتستطيع النظرية التعامل مع العرض النوعى ( Qualitative Presentation ) للمعرفة أو مع عدم المعرفة ( don't know ) بالإضافة إلى الصعوبة الرئيسية وهى الحصول على الافتراضات الأولية بالإضافة إلى الافتراضات الخاصة بالأحداث الجديدة.

وتعتمد طريقة بايزيان على الإحتمالات الموضوعية ( Subjective Probabilities ) والتي تعبر عن درجة الاعتقاد ( Degree of Belief ).

## ٦ - ٥ نظرية الدليل لديمبستر وشيفر

هذه النظرية هى إجراء معروف للإستنتاج المنطقى مع عدم الثقة ( Reasoning With Uncertainty ) وهى إمتداد لنظرية بايزيان ولكنها تفرق بين عدم الثقة ( Uncertainty ) وعدم المعرفة أو الجهل ( Ignorance ) وذلك باستخدام دوال إعتقاد ( Belief Functions ). وتتيح لنا هذه الدوال إستخدام ما لدينا من معرفة لتخصيص الإحتمالات عندما تكون غير متاحة. وتعكس هذه الدوال إعتقاد الخبراء بتحقيق فرضيات ( Hypothesis ) معينة عند وجود دليل واحد.

وتناسب طريقة ديمبستر عملية دمج رأى الخبراء والذى لا يختلف كثيرا فيما يتعلق بدرجة معينة من عدم المعرفة. فهى تستخدم معلومات مبهممة ( Epistemic Information ) مع افتراض أن مصادر المعلومات لاتعتمد إحصائيا على بعضها البعض وهو ما لا يحدث كثيرا فى العالم الحقيقى.

## ٦ - ٦ معاملات الثقة ( Certainty Factors )

تعتمد نظرية بايزيان كما سبق الإشارة على أن فرضية عدم الثقة هى إحتمال أن يكون الحدث صحيحا ( True ) أو غير صحيح ( False ). أما فى نظرية الثقة ( Certainty Theory ) فإن عدم الثقة يتم تمثيله بدرجة الاعتقاد ( Degree of Belief ). وتعتمد نظرية الثقة على استخدام معاملات ثقة ( Certainty Factors ) والتي تعبر عن الإعتقاد فى حدث ( أو حقيقة أو فرضية ) وهذا الحدث مبنى على الأدلة أو على رأى الخبراء.

وهناك طرق عديدة لاستخدام معاملات الثقة للتعامل مع عدم الثقة فى النظم المبنية على المعرفة. أحد هذه الطرق هو استخدام ( 100 ) للتعبير عن الحقيقة المجردة ( Absolute Truth ) أو

## عدم المصادقية

الثقة الكاملة ورقم ( 0 ) للقيمة الخطأ. وهذه المعلومات ليست احتمالات فمثلا عند القول أن هناك فرصة ( 90% ) لسقوط الأمطار فهذا يعنى أن فرصة المطر ( 90% ) وفرصة عدم مطر ( 10% ) وهنا يمكن القول أن معامل الثقة هو ( 90 ) .

وفى نظرية بايزيان ونظرية الاحتمالات يكون مجموع الاحتمالات هو ( 1 ) بمعنى احتمال وقوع حدث معين بنسبة ( 75% ) يعنى احتمال عدم وقوعه ( 25% ) . ولأن الخبراء لا يكون لديهم فى الغالب تقدير لاحتمال عدم وقوع الحدث لهذا تهتم نظرية بايزيان بدرجة الاعتقاد أو عدم الاعتقاد وهى اعتبارات لا يمكن خضوعها للإحتمالات ولكن نستعمل المعادلة الآتية لتقدير معامل الثقة :

$$CF ( P , E ) = MB [ P , E ] - MD [ P , E ]$$

where CF = Certainty factor  
MB = Measure of belief  
MD = Measure of disbelief  
P = Probability  
E = Evidence , or event

وهناك فرضية أخرى لنظرية الثقة وهى أن محتوى المعرفة من قواعد أهم بكثير من جبر الثقة ( Algebra of Confidence ) الذى يجمع أجزاء النظام معا . وجبر الثقة هو تقييم للمعلومات التى تصاحب إستنتاجات الخبراء مثل ( It is Probably true ) أو ( It is Highly Unlikely ) ويمكن استخدام معاملات الثقة لضم تقديرات الخبراء بطرق عديدة. وهذا الطرق يتم شرحها فى الأجزاء التالية :

## ٦ - ٦ - ١ ضم عدد من معاملات الثقة فى قاعدة واحدة

فمثلا عند استخدام المعامل المنطقى ( AND ) كالآتى :

IF inflation is above 5%, cf 50% ( A ) , AND  
IF unemployment rate is above 7%, cf 70% ( B ) AND  
IF bond prices , decline , cf = 100% ( C )  
THEN stock price decline



## عدم المصادقية

بمعنى إذا كان معدل التضخم فوق ( 5 % ) ، بمعامل ثقة = ( 50 % ) ومعدل البطالة ( 7 % ) ، بمعامل ثقة ( 70 % ) مع هبوط فى السعر ، بمعامل ثقة ( 100 % ) فإن هذا يعنى هبوط فى سعر المخزون.

والمثال السابق يعطى نتيجة صحيحة ( True ) إذا كانت كل جمل الشرط ( IFs ) صحيحة. ويكون معامل الثقة للنتائج هو أصغر معامل ثقة فى الجمل الشرطية وذلك حسب القاعدة

$$CF ( A , B , \text{ and } C ) = \text{Minimum} [ CF ( A ) , CF ( B ) , CF ( C ) ]$$

أى أن معامل الثقة لهبوط ثمن المخزون ( 50 % ) وسيختلف هذا المعامل عند استخدام المعامل المنطقى ( OR ) فى المثال السابق بدلا من AND كالاتى :

IF inflation is low , CF = 70% OR

IF bond prices are high , CF = 85%

THEN stock prices will be high

وفى هذه الحالة يشترط أن تكون جملة واحدة من جمل الشرط ( IFs ) صحيحة ( True ) حتى يكون الإستنتاج صحيحا وإذا كانت جملة ( أو جمل ) الشرط صحيحة فإن معامل الثقة للنتائج هو أكبر المعاملات حسب القاعدة :

$$CF ( A \text{ or } B ) = \text{Maximum} [ CF ( A ) , CF ( B ) ]$$

أى أن معامل الثقة للإرتفاع المتوقع لسعر المخزون هو ( 85 % ) .

## ٦ - ٦ - ٢ ضم قاعدتين أو أكثر

فى حالة وجود نظام مبنى على المعرفة يحتوى على العديد من القواعد المرتبطة وكل قاعدة لها نفس الإستنتاج وتختلف عن مثيلاتها فى قيمة معامل الثقة عندئذ يمكن اعتبار كل قاعدة دليلا منفردا ( Evidence ) يدعم الإستنتاج النهائى. ولحساب معامل الثقة للإستنتاج يلزم ضم الأدلة طبقا للإجراء التالى :

نفرض وجود قاعدتين ( R1, R2 )

## عدم المصادقية

**R1 : IF the inflation is less than 5%**

**THEN stock market prices go up ( CF = 70% )**

**R2 : IF unemployment is less than 7%**

**THEN stock market prices go up ( CF = 60% )**

وبفرض أن معدل الزيادة في العام التالي هو ( 4% ) وأن البطالة سوف تكون ( 65% ) فإن التأثير المشترك يحسب بالطريقة الآتية :

$$CF ( R1 , R2 ) = CF ( R1 ) + CF ( R2 ) [ 1 - CF ( R1 ) ] ;$$

$$CF ( R1 , R2 ) = CF ( R1 ) + CF ( R2 ) - CF ( R1 ) * CF ( R2 )$$

مثال

$$CF ( R1 ) = 0.7 , CF ( R2 ) = 0.6$$

$$\text{Then } CF ( R1 , R2 ) = 0.7 + 0.6 ( 1 - 0.7 ) = 0.88$$

أي أن الزيادة في سعر المخزون المحسوبة بواسطة النظام الخبير ستكون ( 0.88 ) .

أما في حالة وجود ثلاثة قواعد تكون الصيغة السابقة كالآتي :

$$CF ( R1 , R2 , R3 ) = CF ( R1 , R2 ) + CF ( R3 ) [ 1 - CF ( R1 , R2 ) ]$$

وبفرض أن القاعدة ( R3 ) هي

**R3 : IF bond price increases**

**Then stock prices go up ( CF = 0.85 )**

$$CF ( R1 , R2 , R3 ) = 0.88 + 0.85 ( 1 - 0.88 )$$

$$= 0.982$$

أي أن فرصة زيادة سعر المخزون هي ( 98.2% ) .

## ٦ - ٢ منطق فازی ( Fuzzy Logic )

تستخدم بعض برامج الذكاء الاصطناعي طريقة الإستنتاج المنطقى التقريبى ( Approximate Reasoning ) وهى الطريقة التى تستخدم نظرية الفئات لـ ( فازی )

## عدم المصادقية

وتحاكى عملية الاستنتاج المنطقي التي يقوم بها الإنسان عن طريق السماح لسلوك الحاسب أن يكون أقل تحديدا ومنطقا من سلوك الحاسبات العادية المتعارف عليها.

وقد تم تطوير البرمجيات ( Software ) بحيث تسمح باستخدام اللغات الحية مع العديد من صفات التمييز ( Qualifying Adjectives ) وجمال الحال ( Adverbial Phrases ) مثل :

( , usually .. , highly unlikely .. , not very probable .. , marginal .. ) .

ولأن عملية اتخاذ القرار ( Decision Making ) ليست دائما أبيض وأسود (صح أم خطأ) ولكنها تحتوى دائما على مناطق وسط أو رمادية. لذلك يلزم لمسانقتها عمليات للاستنتاج المنطقي أكثر مرونة وذات خيارات متعددة ( Multi-Option ) ولها قدرة على إطلاق حرية التخيل ( Imagination ) وأكثر تسامحا ( More Forgiving ) وتسمح بالملاحظة ( Observation ) وكل هذه القدرات هي من صفات منطق فازى ونأخذ مثالا لذلك : فئة فازى ( Fuzzy Set ) التي تصف شخصا طويل القامة.

نفرض أن الهدف هو تحديد أقل طول يجب أن يكون عليه الإنسان حتى نعتبره طويل القامة فبأخذ رأى مجموعة من الأشخاص وجد أن إجاباتهم بين ١٨٠ إلى ١٩٠ سنتيمترا وكان توزيع الإجابات كالتالى :

الطول (سم)	١٨٠	١٨٢	١٨٤	١٨٦	١٩٠
نسبة التصويت	٥ %	١٠ %	٦٠ %	٦ %	١٠ %

فلو كان طول أحمد هو ١٨٤ سنتيمترا فباستخدام نظرية الاحتمالات مع استخدام الاحتمالات المتركمة ( Cumulative Probability ) تكون هناك فرصة ( ٧٥ % ) لأن يكون أحمد طويل القامة أما باستخدام منطق فازى فيمكن القول أن درجة إنتماء أحمد إلى فئة الأشخاص طوال القامة هي ( ٠,٧٥ ) .

وبلاحظ أن نظرية الاحتمالات تنص على أن أحمد يمكن أن يكون طويل القامة أو لا أما فى منطق فازى فهناك إتفاق على أن أحمد طويل القامة مع بعض الزيادة أو النقصان. ولذلك يمكن وضع دالة الإنتماء ( Membership Function ) للدلالة على علاقة أحمد بفئة الأشخاص طوال القامة وتسمى فئة فازى المنطقية.

## عدم المصادقية

< Ahmed , 0.75 > = Tall

وفى النظم المبنية على المعرفة يمكن وصف ذلك على أن أحمد طويل ومعامل الثقة هو (  $CF = 75\%$  ) ومن هنا يتضح أن فئات فازى تعطى مجالا واسعا من القيم المحتملة بعكس معاملات الثقة التى تحتوى على قيمتين فقط هى درجة الاعتقاد ( Degree of Belief ) او عدم الاعتقاد.

ويستخدم منطق فازى فى تطبيقات عديدة مثل نظام الفرائل المنتظم فى العربات ، الضبط الآلى فى الكاميرات ، غسالات الأطباق ، التحكم فى حركة القطارات ، الاحتفاظ بمكوك الفضاء والأقمار الصناعية فى مدار ثابت حول الأرض ، التحكم فى الجودة ( Quality Control ) فى الصناعة و ... الخ.

وأخيرا يمكن القول بأن التعامل مع عدم الثقة فى عالم الذكاء الاصطناعى محدود جدا فى حين إنتشاره فى العالم الحقيقى. وحقيقة الأمر أن النظم المبنية على المعرفة والمستحدثة من العالم الحقيقى تتجنب التعامل مع عدم الثقة بالرغم من الخطورة الناتجة عن ذلك وهناك محاولات عديدة لتحسين طرق التعامل مع عدم الثقة.

٣

الجزء الثالث

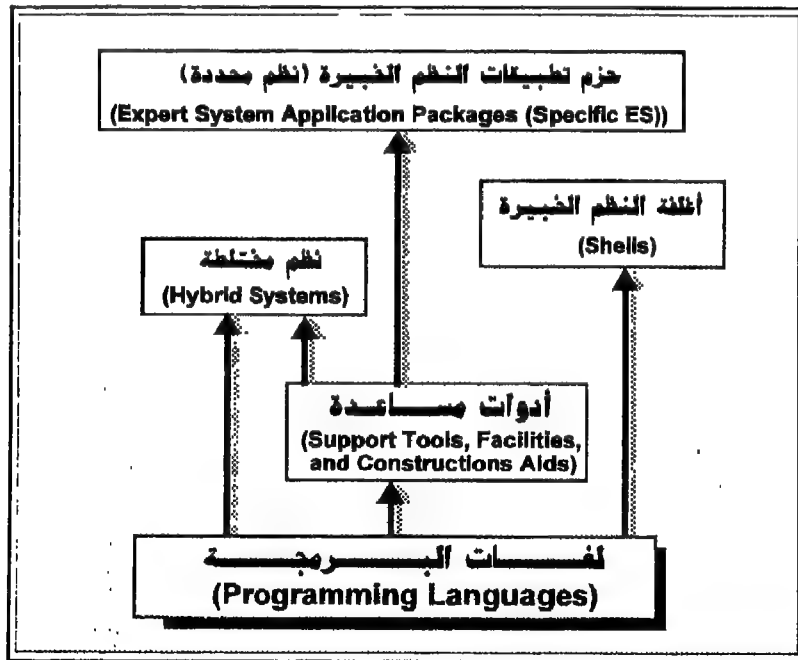
تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي  
وأدوات بنائها



## مقدمة

يمكن بناء نظم الذكاء الإصناعى ( مثل برامج معالجة اللغة ، النظم الخبيرة ، ... الخ ) باستخدام أدوات كثيرة معدة خصصيا لبناء مثل هذه النظم. وهناك أنواع مختلفة من هذه الأدوات تبدأ من لغات البرمجة ( Programming Languages ) وتنتهى بحزم التطوير المتكاملة ( Integrated Development Packages ) وهذه تسمى أحيانا ببيئات النظم الخبيرة ( Environments ).

ويمكن تصنيف هذه الأدوات حسب الحجم أو درجة تعقيد النظم التى ستستخدم فى بنائها ، وقد وجد من المفيد تقسيم هذه الأدوات إلى خمسة مستويات تكنولوجية وهى اللغات ( Languages ) ، والأدوات المساعدة ( Support Tools ) ، والأغلفة ( Shells ) ، والنظم المختلطة ( Hybrid Systems ) ، وأخيرا النظم الخبيرة ( Expert Systems ) . والحدود بين هذه الأنواع غير واضحة والشكل التالى يوضح هذه المستويات.



ومن الشكل يمكن القول بأن أى تطبيق للنظم الخبيرة ( أعلى مستوى ) يمكن بناؤه بواسطة الأغلفة والأدوات المساعدة والنظم المختلطة ولغات البرمجة. كما أن الأغلفة والنظم المختلطة يمكن

بناؤها بواسطة لغات البرمجة والأدوات المساعدة أو بأيهما ، والأدوات المساعدة يمكن بناؤها بواسطة لغات البرمجة.

ويلاحظ أن المستوى الأعلى من البرمجيات يؤدي إلى تقليل الاعتماد على المبرمج ولكنه في نفس الوقت يؤدي إلى تقليل مرونة النظام. وبصفة عامة فإن استخدام برمجيات المستويات العليا يؤدي إلى إنتاج نظم خبيرة في وقت قصير. ولكن لبناء نظم خبرة معقدة يلزم استخدام برمجيات المستوى الأدنى.

وهناك عدد كبير جدا من لغات البرمجة التي يمكن استخدامها في بناء نظم الذكاء الاصطناعي ، حيث تستخدم هذه اللغات على معظم أنواع الحاسبات بدءا من الحاسبات الشخصية ( Personal Computers ) حتى الحاسبات الكبيرة ( Mainframe Computers ). ويمكن تقسيم هذه اللغات إلى خمسة أنواع هي :

اللغات التقليدية ( Non-AI Languages ) ، ولغات الذكاء الاصطناعي ( AI Languages ) ، ولغات البرمجة الشيئية ( Object-Oriented Languages ) ، ولغات الذكاء الاصطناعي عالية المستوى وأخيرا اللغات عامة الأغراض لهندسة المعرفة ( Several-Purpose Knowledge Engineering Languages ).

#### ١ - اللغات التقليدية ( Non-AI Languages )

يمكن استخدام اللغات التقليدية في بناء النظم الخبيرة ، بل هناك فعلا بعض النظم التي تم بناؤها بواسطة لغات تقليدية مثل النظام ( TIMM ) الذي تم بناؤه باستخدام لغة ( FORTRAN 77 ) ، والنظام ( INSIGH 2 ) ( المستوى الخامس ) الذي تم بناؤه باستخدام لغة ( Turbo Pascal ) ، والنظام ( EXSYS ) بلغة ( C ) .

والسبب في استخدام اللغات التقليدية في بناء بعض النظم الخبيرة أن استخدام لغات الذكاء الاصطناعي يحتاج إلى ذاكرة كبيرة لا تتوفر في الحاسبات الشخصية كما أنها لا توفر القدرة على التحكم في سعة الذاكرة المستخدمة كما توفرها اللغات التقليدية.

#### ٢ - لغات الذكاء الاصطناعي ( AI Languages )

لغات الذكاء الاصطناعي ، وتسمى أحيانا لغات البرمجة المرمزة ( Symbolic Programming Languages ) ، هي اللغات الفعالة في بناء نظم الذكاء



الإصطناعي. ومن أهم هذه اللغات لغتا ليسب ( LISP ) وبرولوج ( PROLOG ). ونظم الذكاء الإصطناعي ( مثل النظم الخبيرة ) المبنية بإحدى هاتين اللغتين من السهل برمجتها وتصحيح الأخطاء بها.

ولأن الغالبية العظمى من النظم الخبيرة الموجودة مكتوبة بإحدى هاتين اللغتين فقد تعرضنا لهما بالتفصيل في هذا الجزء من الكتاب لكي يتعرف القارئ على خصائصهما وكيفية استخدامهما.

### ٣ - لغات البرمجة الشيئية ( Object Oriented Languages )

أصبحت بعض لغات البرمجة الشيئية مثل لغة ( C++ ) ولغة ( Small Talk 80 ) شائعة الاستخدام في بناء النظم الخبيرة لمقدرتها على التمثيل الجيد للمعرفة في صورة يمكن معالجتها بالحاسب. كما يمكن استخدام هذه اللغات مع لغات البرمجة الأخرى لبناء نظام واحد لاستخدام جميع الإمكانيات التي تتيحها كل لغة على حدة.

### ٤ - لغات الذكاء الإصطناعي عالية المستوى

إن سهولة تخليق دوال برمجية ( Functions ) جديدة في لغة ليسب تعتبر خاصية مهمة جدا في بناء النظم الخبيرة ، وهذه الخاصية تجعل لغة ليسب قاعدة ممتازة لتكوين لغات عالية المستوى ( Higher-Level Languages ) والتي يمكن أن تخصص لحل مشاكل معينة في مجالات محددة. فعلى سبيل المثال النظام الخبير ( XPLAIN ) تم بناؤه باستخدام اللغة عالية المستوى ( XPMS ) وهي امتداد للغة ليسب. وهذه اللغة تساعد في توليد تفسيرات واضحة وغير مكررة ( Non redundant ) من البرنامج ( أى النظام الخبير ) ، وهذا يعتبر من أهم أهداف النظام الخبير ( XPLAIN ).

### ٥ - لغات هندسة المعرفة عامة الأغراض

هناك العديد من اللغات عامة الأغراض ( General Purpose Languages ) التي تم إنتاجها خصيصا لخدمة مجال هندسة المعرفة. وهي عموما لغات مرنة للدرجة كبيرة ولا تحتوي على القيود الكثيرة التي تحتويها اللغات الأخرى وأغلفة النظم الخبيرة ( ES Shells ). ولكن مثل هذه اللغات تفتقد إلى بعض الإمكانيات الجيدة لعمليات إدخال واستخراج البيانات وبناء قواعد المعرفة وأيضا إمكانيات التفسير التي توجد في برامج أغلفة النظم الخبيرة.

وهذه اللغات بصفة عامة لا تتقيد بتطبيقات معينة لأنها لا تنتمي إلى مجال معين ، عكس أغلفة النظم الخبيرة التي تتقيد بنوع معين من التطبيقات ( مثل التشخيص ) . ولذلك يمكن استخدام اللغات

---

---

عامّة الأغراض فى تطبيقات عديدة ومختلفة رغم أنها أصعب من أغلفة النظم الكبيرة. وهناك أربع لغات مشهورة من هذه النوعية وهى ( HEARSAY-III )، و ( ROSIE )، و ( OPS5 )، و ( RLL ) .

ويتكون هذا الجزء من ثلاثة فصول يتحدث أولها عن تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى والنماذج المختلفة لعمليات التنفيذ ثم يشرح مثالا لأحد التراكيب التنظيمية لنظم الذكاء الإصطناعى. ويوضح الفصل الثانى لغة ليسب ( LISP ) والخصائص العامة لها وتركيب البرنامج المكتوب بها والدوال المختلفة المستخدمة فيها. كما يوضح الفصل الثالث لغة برولوج والتراكيب المستخدمة فيها وطرق البحث خلال قاعدة المعرفة وأمثلة لبعض البرامج المكتوبة بواسطتها.

## الفصل السابع

تنفيذ نظم

الذكاء الاصطناعي

( Implementing AI Systems )



## ١ - مقدمة

إن عملية تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي ونقلها إلى أرض الواقع مثلها مثل أى نظم مبنية على المعرفة، هي عملية شائكة ومعقدة ويجب أن نضمن لها مقومات النجاح فى مراحل إعداد وتجهيز النظام الجديد وأيضاً مراحل دراسات الجدوى وتحليل النظام وتصميم البرامج والتدريب. وصعوبة تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي تكمن فى أنها ليست مجرد نظم مبنية على المعلومات مهمتها جمع وتشغيل وتوزيع المعلومات ولكنها نظم تتسم بالذكاء فى تنفيذ المهام الموكلة إليها. وفى هذا الفصل نحاول استعراض العوامل التى تؤثر فى عملية التنفيذ واقتراح استراتيجيات يمكن أن تساعد على نجاح هذه العملية.

## ٢ - ٢ مقاييس نجاح وفشل عملية التنفيذ

هناك مقاييس ومعايير وضوابط يجب أخذها فى الاعتبار لضمان نجاح تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي. وقد اقترح دكسون وبورز ( Dickson & Powers ) المعايير الآتية :

- ١ - نسبة الوقت الفعلى لتنفيذ النظام إلى الوقت المقدر لذلك.
- ٢ - نسبة التكلفة الفعلية لإنشاء النظام إلى التكلفة الكلية.
- ٣ - رد فعل الإدارة التى ستستخدم النظام الذكى وهل تم تحقيق متطلبات هذه الإدارة.
- ٤ - تأثير النظام الجديد على شبكة الحاسبات الجديدة.
- ٥ - قدرة النظام على إسداء النصائح المعقولة.
- ٦ - نسبة الأرباح ( Benefits ) إلى التكلفة ( Cost ) .
- ٧ - درجة التوافق بين النظام والخبراء عند تناولهما لنفس المشكلة.
- ٨ - النسبة الكلية للحالات أو المشاكل التى تناولها النظام إلى عدد الحالات التى أخفق النظام فى إسداء النصيحة لها.
- ٩ - سرعة وصول النظام لمرحلة النضوج بمعنى معدل عملية التعليم منذ بدء التشغيل.

والعقبات التى يمكن أن يواجهها الإنسان أثناء عملية التنفيذ خضعت لأبحاث مكثفة. ورغم أن عوامل فشل أى نظام سابق تظل حبيسة الهيئة أو المنظمة التى تملك هذا النظام وبالتالي لايمكن الاستفادة منها فى وضع معايير دقيقة لنجاح أى نظام جديد إلا أن دكسون وويثرب ( Dickson & Wetherbe ) أرجعا ظروف فشل أى نظام إلى مايسمى " خطط التنفيذ العكسى " ( Tactics of Counter Implementation ) . وهذا التنفيذ العكسى على مستوى الإدارة العليا يشتمل على :

## تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي

- ١ - نقص الموارد المخصصة للمشروع.
- ٢ - إنحراف خطط التنفيذ عن تحقيق أهداف المشروع.
- ٣ - إهمال المشروع نتيجة عدم المتابعة.

أما على مستوى التشغيل فإن بعض صور خطط التنفيذ العكسي تشمل الآتى :

- ١ - تعمد الخطأ أثناء التشغيل.
- ٢ - استخدام النظام عن عمد فى أغراض غير تلك التى صمم من أجلها.
- ٣ - الفشل فى تشغيل النظام نتيجة نقص التدريب.
- ٤ - الثقة المطلقة فى بعض الإجراءات اليدوية القديمة عند الحاجة لهذه الإجراءات وعدم تنفيذها باستخدام النظام.

## ٧ - ٣ نماذج لعمليات التنفيذ

كما سبق أن ذكرنا فإن أهمية معالجة مشاكل التنفيذ أدت إلى إجراء دراسات مكثفة حول تحديد سبل التنفيذ الناجح لنظم الذكاء الاصطناعي. وقد بدأت هذه الدراسات منذ زمن بعيد بالإضافة إلى الدراسات التى قام بها علماء السلوك ( Behavioral Scientists ) لاختبار محاولات البعض لمقاومة رياح التغيير التى تسببها نظم الذكاء الاصطناعي. ونتج عن هذه الدراسات أفكار ونظريات تتعلق بأداء هذه النظم وطرق عديدة لتنفيذها كذلك ظهر العديد من العوامل ( Factors ) التى يمكن بها تحديد درجة نجاح أى نظام مبنى على المعلومات. وعوامل النجاح هذه يمكن جمعها فى ثمانية أنواع مرتبطة ، كما يتضح من الشكل ( ٧ - ١ ). وفيما يلى عرض تحليلى لبعض هذه العوامل.

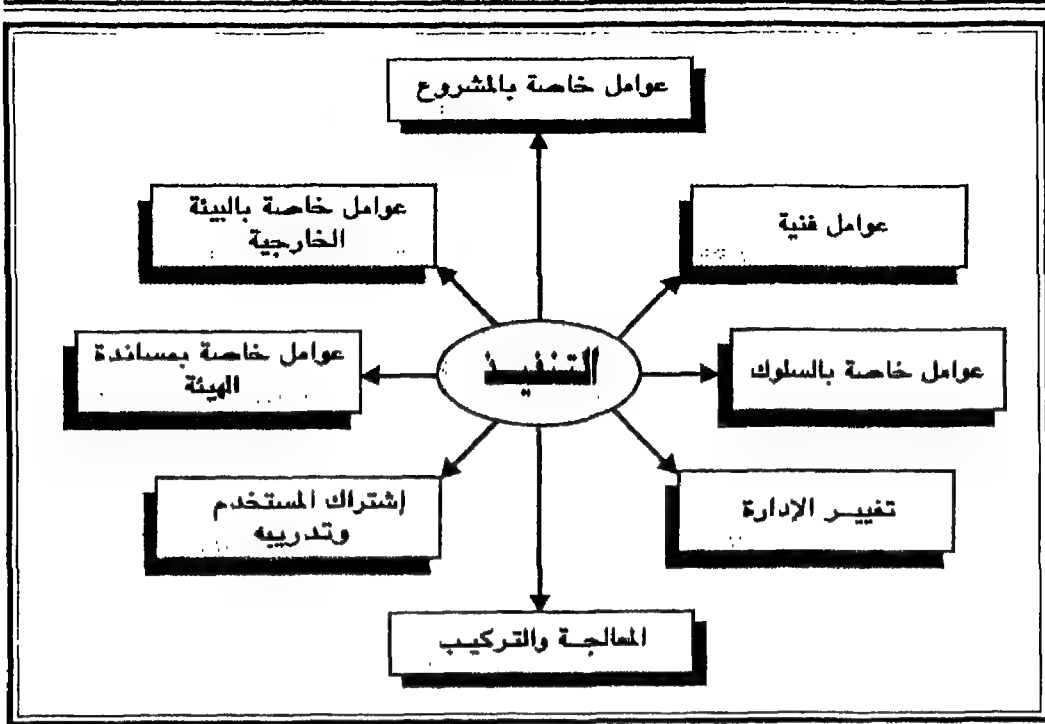
### ٧ - ٣ - ١ عوامل فنية ( Technical Factors )

ترتبط هذه العوامل بميكانيكية إجراءات التنفيذ ونذكر منها :

#### ١ - مستوى الصعوبة والتعقيد

لزيادة احتمالات نجاح تنفيذ النظام يجب أن يكون هذا النظام بسيطاً ( Simple ) بقدر الإمكان. والفوائد المكتسبة من عملية تبسيط النظام هى : تجنب الأخطاء ، زيادة تكامل عملية التصميم ، بساطة البيانات المطلوبة ، سهولة تدريب المستخدم على استخدام النظام ، وضوح طرق إدارة النظام ، سهولة التحكم فيه ، وأخيراً سرعة بنائه وتركيبه.

## تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي



شكل (١-٢)

ويجب ألا تؤثر عملية تبسيط النظام في عوامل أخرى مطلوبة مثل القدرة التامة على تنفيذ المهام المطلوبة.

### ٢- زمن إستجابة النظام ومدى الإعتماد عليه

يعد زمن إستجابة النظام لاحتياجات المستخدم من المعايير الأساسية لتحديد مدى رضا المستخدم عن النظام ومدى إعتماده عليه. وقد أسهمت التقنيات الحديثة في مجال تصنيع المكونات المادية للحاسبات في إنقاص زمن إستجابة النظام بشكل كبير جداً.

### ٣- عدم ملاءمة المكونات والبرمجيات

من الأشياء التي لاتلائم متطلبات المستخدم حجم الذاكرة المحدود ، عدم التوافق بين إمكانات البرمجيات والمكونات المادية للحاسب المستخدم ، طرق التمثيل الجرافيكية الفقيرة ، المعالجة الصعبة للنصوص ( Text ) ، صعوبة الاستخدام وأخيراً عدم القدرة على التوافق السريع مع الظروف المتغيرة.

ومما سبق يمكن تصنيف العوامل الفنية إلى : قيود فنية ( Technical Constraints ) وتكون عادة نتيجة لنقص التقنيات المتاحة ، ومشاكل فنية ( Technical Problems ) تكون

## تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي

عادة نتيجة نقص الموارد. ومع التطور الهائل في التقنيات الخاصة بالحاسبات وزيادة الموارد يمكن التغلب على معظم هذه العوامل وضمان النجاح الفني للنظام.

### ٧ - ٣ - ٢ عوامل سلوكية ( Behavioral Factors )

تتأثر النظم المبنية على المعلومات وخاصة نظم الذكاء الاصطناعي بمدى تقبل الناس لهذه النظم وسلوكهم تجاهها. وهناك العديد من الموضوعات التي تم دراستها والتي تهتم بسلوك الأشخاص تجاه هذه النظم نذكر منها الآتي :

#### ١ - اختلاف أساليب إتخاذ القرار

لكل إنسان أسلوبه المميز في عملية إتخاذ القرار فتختلف طرق الإستنتاج المنطقي من شخص لآخر حتى في حالة وصولهما لنفس القرار. والمديرون الذين يستخدمون الأسلوب التحليلي ( Analytical Style ) يرفضون استخدام الأسلوب النمطي القديم والذي يستخدم التحليل الكمي في الحساب وبالتالي سوف يتقبلون نظام الذكاء الاصطناعي كواحد من النظم التي تستخدم الأسلوب التحليلي وليس الكمي والقادرة أيضا على التفسير المؤثر لأسباب إتخاذ قرار معين.

#### ٢ - المناخ التنظيمي ( Organizational Climate )

في بعض الأحيان لايسمح المناخ التنظيمي لأى شركة بإدخال نظام جديد أو بإحداث تغييرات جديدة. فإذا كان ميل الأشخاص في هذه الشركة ضعيفا نحو استخدام النظم النمطية المبنية على الحاسب فإن الإتجاه نحو استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي سيكون صعبا جدا وعلى العكس من ذلك فإن الهيئات التي تحاول استخدام كل جديد في مجال النظم المبنية على الحاسب سوف ترحب بماهو جديد في مجال الذكاء الاصطناعي. ويساعد رئيس مجلس إدارة أى شركة في خلق المناخ المناسب لاستقبال هذه النظم الجديدة.

#### ٣ - التوقع التنظيمي ( Organizational Expectation )

شهدت السنوات السابقة طفرة كبيرة في زيادة شعبية نظم الذكاء الاصطناعي وأصبح لدى معظم غير المهتمين بها معلومات كثيرة عنها مما أدى إلى إرتفاع مستوى التوقع لما يمكن أن تقدمه هذه النظم لدى مستويات الإدارة العليا والمستخدمين. ومن ناحية أخرى لايجب المغالاة فيما سيقدمه النظام لتجنب حدوث فشل للنظام وصدمة للمستخدم وخاصة في الحالات التي يستخدم فيها النظام للمرة الأولى لذلك يجب الإحتفاظ بالتوقعات عند مستويات حقيقية.



## تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي

### ٤ - السياسات التنظيمية ( Organizational Politics )

قد يؤدي استخدام أحد نظم الذكاء الاصطناعي إلى الإخلال بالهيكل الوظيفي لأي منظمة. وهنا يأتي دور السياسة في هذه المنظمة لمحاولة رآب الصدد الناتج عن هذا الإخلال كما يوصى بأن يكون للمسئول عن نظام الذكاء الاصطناعي دور فعال في ذلك وليس دورا سلبيا ( Neutral ).

### ٦ - ٣ - ٣ إشراك المستخدم وتدريبه

يهدف إشراك المستخدم في عملية تطوير النظام إلى ضمان نجاح هذا النظام في الوفاء باحتياجاته. ففي النظم الخبيرة ( ES ) يكون حجم هذا الإشتراك ضئيلا وغير هام لأن المسئول عن بناء النظام ( Builder ) لا يعلم طبيعة المستخدم. أما في مرحلة الإختبار ( Testing ) والتعديل فإن إشتراك المستخدم يكون من الأهمية بمكان. أما فيما يخص بناء نظم الذكاء الاصطناعي مثل معالجة اللغات الحية والتعليمات الذكية باستخدام الحاسب ( Intelligent Computer-Aided Instructions ) فإن إشتراك المستخدم يعتبر شيئا حيويا أساسيا. ومن هنا نجد أن كيفية إشراك المستخدم وزمن إشتراكه من العوامل الهامة جدا لنجاح النظام.

أما فيما يتعلق بتدريب المستخدم على استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي فهي على جانب كبير من الأهمية. وفي حالة وجود نظام كبير متكامل يكون نظام الذكاء الاصطناعي جزءا منه فإن عملية التدريب تكون مهمة جدا وتحتاج إلى متابعة مستمرة وتخطيط جيد. وتشمل عمليات التدريب وصف النظام وكيفية بنائه وكيفية السؤال عن المعلومات واستدعائها واستخدامها. وتبدأ عملية التدريب قبل تشغيل النظام وأثناء تشغيله وخاصة للمستخدمين على النظام وعند حدوث أي تغيير فيه.

### ٦ - ٣ - ٤ البيئة الخارجية ( External Environment )

تشمل العوامل الخارجية المؤثرة على عملية تنفيذ النظام عوامل إجتماعية وإقتصادية وقانونية. على سبيل المثال القوانين التي تنظم عملية الاتصالات عبر حدود البلاد الدولية يمكن أن تحد من إمكانية استخدام نظام خبير لدولة أخرى.

### ٦ - ٣ - ٥ عوامل خاصة بالمشروع ( Project - Related Factors )

معظم العوامل التي تم مناقشتها فيما سبق يمكن اعتبارها عناصر من مناخ التنفيذ والذي لا يعتمد على نوعية المشروع المزروع تنفيذه. والمناخ الملائم قد يساعد في عملية التنفيذ ولكنه

## تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي

غير كاف لنجاح النظام. لذلك يجب تقييم كل مشروع من مشاريع الذكاء الاصطناعي من وجهة نظر فوائده الخاصة المتوقعة وليس طبقا للقواعد العامة للتقييم وكذلك يجب أن يحقق النظام الجديد بعض معايير " التكلفة - الفائدة " ( Cost - Benefit ). وتشمل عملية التقييم أبعادا كثيرة وتتطلب أخذ عوامل عديدة في الاعتبار نذكر منها الآتي :

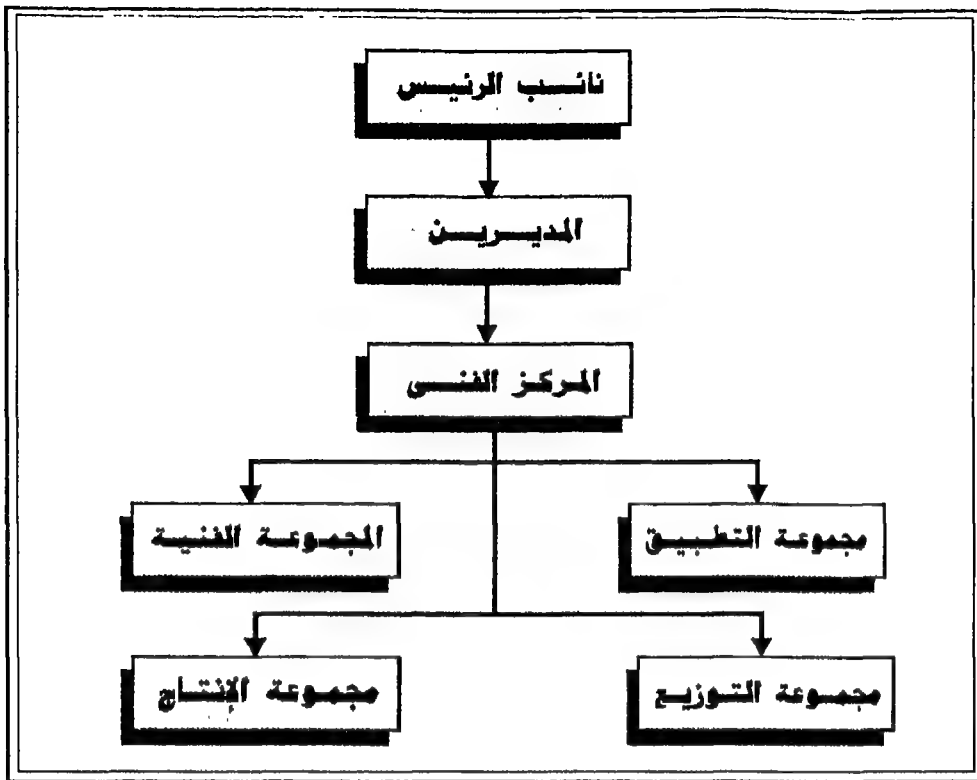
- ١ - تحديد المشكلة الرئيسية المطلوب حلها.
- ٢ - تحديد عناصر الأداء الواجب تقييمها.
- ٣ - سرعة حل المشكلة.
- ٤ - العائد من حل هذه المشكلة.
- ٥ - تأثير نطاق المشكلة على معدلات نموها.
- ٦ - المصادر المرتبطة بنطاق المشكلة.

## ٧ - ٤ مثال لأحد التراكيب التنظيمية لنظم الذكاء الاصطناعي

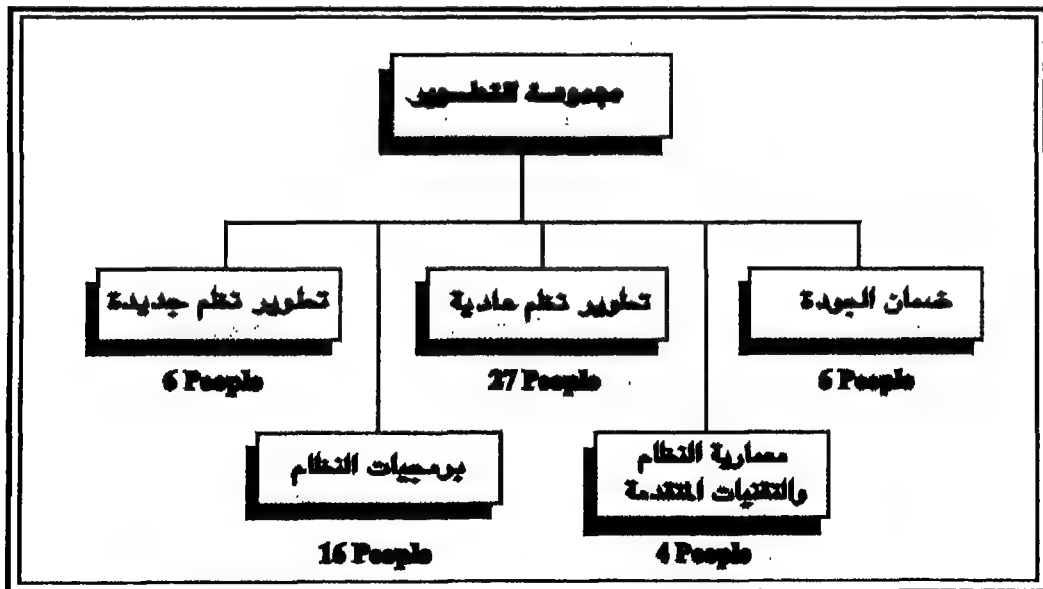
إن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لحل المشاكل الحيوية في مجال مثل مجال إدارة الأعمال أصبح فلسفة عامة تنتهجها معظم الهيئات والمنظمات. ولضمان نجاح هذه الفلسفة فإن التنظيم الإداري للأفراد العاملين في هذا المجال يجب أن يبنى جيدا لضمان نجاح النظام. والشكل ( ٧ - ٢ ) يوضح مثالا لهذا التنظيم الخاص بإحدى الهيئات.

ويقوم المركز الفني للنظام بالإعداد لخدمات التعليم والتدريب كذلك تطوير النظام وتحقيقه واستخدام ونقل التقنيات الحديثة. أما مجموعة تطوير النظام ( Development Group ) فهي مسؤولة عن النشاطات الموضحة في شكل ( ٧ - ٣ ) وذلك لكل أشكال الإدارة الخاصة بالشركة.

تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي



شكل (٢-٧)



شكل (٣-٧)



لغة ليسب

---

## الفصل الثامن

لغة ليسب

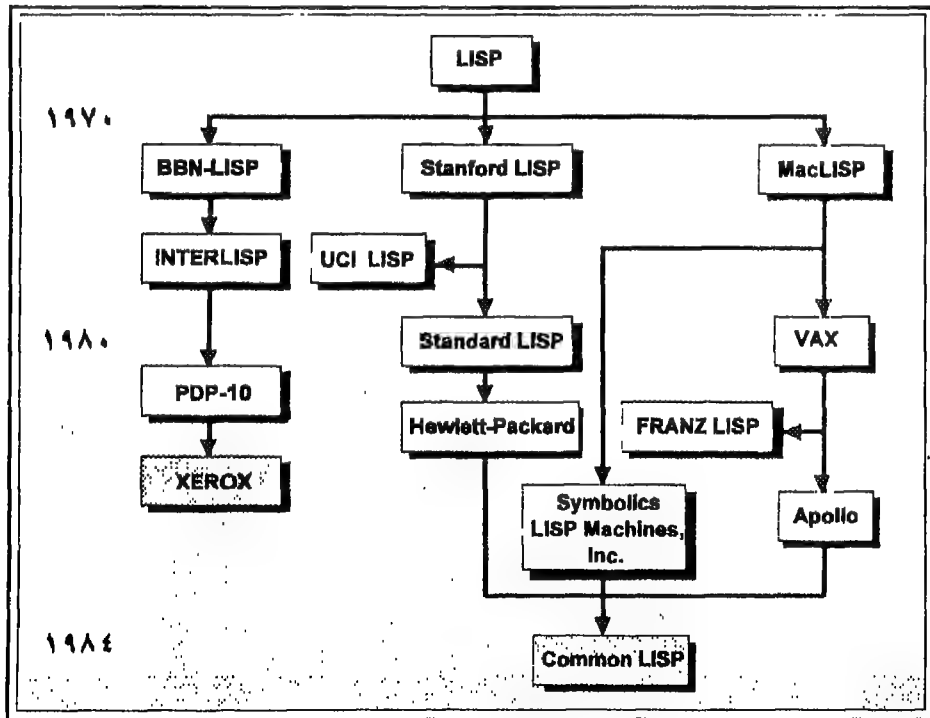
( LISP )



## ٨ - ١ نبذة تاريخية

إسم اللغة ( LISP ) هو اختصار الحروف الأولى من الكلمات ( List Processing Language ) أى لغة معالجة القوائم. وهى من أقدم لغات البرمجة حيث أنها ثانيا لغة ظهرت بعد لغة الفورتران ( FORTRAN ).

وتتكون هذه اللغة من مجموعة من العناصر ( Atoms ) والقوائم ( Lists ) والعناصر هى كل شيء لا يمكن تجزئته مثل شيء ( Object ) أو رقم صحيح ( Integer ) أو دالة ( Function ). أما القوائم فهى عبارة عن مجموعة من العناصر أو مجموعة من العناصر والقوائم معا. وهذا يوضح خاصية هامة باللغة وهى خاصية الإستدعاء الذاتى ( Recursion ). ومن أهم خواص هذه اللغة أيضا أنه يمكن كتابة برنامج ليسب يستطيع تخليق برنامج آخر بلغة ليسب أيضا. ويوضح الشكل ( ٨ - ١ ) التسلسل الزمنى لتطور اللغة والأنواع المختلفة التى تم إنتاجها منها. ويوضح الشكل أن لغة ليسب المتداولة ( Common LISP ) ظهرت كلفة قياسية سنة ١٩٨٤.



شكل ( ٨ - ١ )

## لغة ليسب

### ٨ - ٢ مفردات لغة ليسب ( LISP Vocabulary )

فى هذه الجزء سنتعرف على لغة ليسب المتداولة ( Common LISP ) وعلى أهم خصائصها باختصار دون الدخول فى التفاصيل التى ليست مجال هذا الكتاب.

#### ٨ - ٢ - ١ طبيعة اللغة

لكل لغة خصائص مميزة لها فى الكتابة ، ومن خصائص لغة ليسب هى وضع كل أمر ( Statement ) بين قوسين " ( ) " . وإى أمر لا ينحصر بين هذين القوسين يعتبر خطأ فى البرنامج ولا يمكن تنفيذه. وعلى هذا فإن الخطأ الشائع فى برامج ليسب هو عدم توافق الأقواس مع بعضها البعض. وفى النقاط التالية نلخص الخصائص العامة للغة مع الإيضاح بالأمثلة :

١- تأخذ الرموز آخر قيمة لها وإذا لم تكن لها قيمة سابقة يرد الحاسب بوجود خطأ فى هذا الأمر كالآتى :

\* L  
error

وإذا أردنا إعطاء الرمز L قيمة معينة فيمكن إستخدام الدالة ( Setq ).  
\*(Setq L 'a)

وعند إعادة كتابة الرمز L بعد ذلك يكون رد الحاسب بقيمة L ، مثل :

\* L  
A

ب- يتم حساب القوائم باعتبار أن أول عنصر فى القائمة هو الدالة التى ستؤثر على جميع العناصر التالية لها فى القائمة ، مثل :

الدالة ( min ) تقوم بتحديد أقل عنصر فى القائمة

\* (min7,4,5,9,6 )  
4



## لغة ليسب

ج- فى لغة ليسب يتم حساب جميع القوائم عن طريق الدوال ، حيث تأخذ الدوال عنصرا واحدا أو أكثر أو لا شىء ويكون الناتج منها هو قيمة وحيدة. فالدالة " - " تحتاج إلى عنصرين لتقوم بطرح الأول من الثانى :

$*(-4.5,7.8)$

3.3

أما الدالة "abs" فتحتاج إلى عنصر واحد لأخذ القيمة المطلقة له

$*(abs -9.5)$

9.5

د- يمكن وضع تعليق ( Comment ) بجانب أى أمر بعد وضع العلامة ( ; )

$*(Sqrt\ 25)$  ; Calculate the Square root of 25

5

هـ- يتم تمثيل البرنامج والبيانات فى لغة ليسب بنفس الطريقة وهى استخدام التعبير الرمبى ( Symbolic Expression ). ويتكون التعبير من عدة عناصر أو من عدة عناصر وقوائم. والعنصر هو الشىء الذى لا يمكن تقسيمه. والأرقام مثل ( 5.0,0.23,60 ) تسمى عناصر رقمية ، أما الرموز مثل ( abs , + , L ) فتسمى عناصر رمبىة.

ويتم تكوين التعبير عن طريق كتابة القوس " ( " متبوعا بالعناصر أو القوائم المراد كتابتها ثم ينتهى بوضع القوس المقابل للقوس الاول " ) " ويجب ملاحظة أن عدم توافق الأقواس يؤدى إلى عدم قيام الحاسب بتنفيذ هذا الأمر.

## ٨ - ٢ - ٢ تركيب البرنامج ( Program Structure )

مما سبق يتضح لنا أن برنامج ليسب يتكون من قسمين وهما الصيغ ( Forms ) والدوال ( Functions ) والصيغة عبارة عن الكيان الذى يتم حسابه مثل التعبير. أما الدوال فيتم استخدامها عن طريق التأثير بها على المتغيرات المراد حسابها بتلك الدوال.

ونقسم الصيغ إلى خمسة أنواع وهى :

١- صيغ يتم حسابها ذاتيا ( Self-evaluating Forms )

وتتضمن كل الأعداد والحروف وسلاسل الحروف ( Strings ) فهذه كلها عند حسابها يتم إعادة عرض قيمتها فقط.

## لغة ليسب

### ب - المتغيرات ( Variables )

ويتم تمثيلها بالرموز ( Symbols ) ومنها متغيرات محلية ( Local ) وتسمى أيضا ساكنة ( Static ) ، ومتغيرات عامة ( Global ) وتسمى أيضا ديناميكية ( Dynamic ) .

### ج - القوائم الخاصة ( Special Forms )

وهي التعبيرات التي تبدأ بعنصر خاص معرف مسبقا ( Reserved ) باللغة. وهذه العناصر موضحة بالجدول التالي :

Names of All Common LISP Special Forms		
block	if	progv
catch	labels	quote
compiler-let	let	return-from
declare	let*	setq
eval-when	macrolet	tagbody
flet	multiple-value-cell	the
function	multiple-value-prog1	throw
go	progn	unwind-protect

### د - الأوامر المجمعة

وهي التعبيرات التي تبدأ بعنصر ليس من العناصر الخاصة السالف ذكرها ولكنه يعرف بمجموعة من الأوامر المجمعة ( Macros ) .

### هـ - الدوال ( Functions )

تتضمن الدوال نوعين ، الأول هو الدوال المعرفة ( Named Functions ) والثاني هو تعبيرات " لامدا " ( Lambda Expressions ) . والدوال المعرفة هي التي تبدأ بعنصر من العناصر الخاصة ( Defun ) بينما تعبيرات " لامدا " هي تعبيرات غير معرفة وتبدأ بالرمز ( Lambda ) .

## لغة ليسب

### ٨ - ٣ - ٣ العمليات الرياضية

المعالجة الرياضية ليست هي الهدف الأساسي في بناء لغة ليسب ولكن تكمن قوة اللغة في معالجتها للرموز ( Symbol Manipulation ). ومع هذا فإن اللغة تحتوي على معظم الدوال والعمليات التي تمكن من أداء العمليات الرياضية ، والجدول التالي يوضح العمليات الرياضية الخاصة بلغة ليسب.

الدالة	الرمز	المعامل	الوصف	مثال	الناتج
abs	abs	1	القيمة المطلقة	( abs - 5 )	5
add	+	n	جمع الأعداد	( + 4, 5 )	9
add 1	+1	1	إضافة واحد	( 1 + 8 )	9
atan	atan	1 or 2	الدالة ظا <sup>-١</sup>	( atan 2.5 )	
ceiling	ceiling	1	أقل عدد أكبر من المعامل الأول		
cos	cos	1	الدالة جا	( cos 2.5 )	
decf	decf	2	إطرح العدد الثاني من العدد الأول القيمة المبدئية للثاني 1 =	( decf m )	
exp	exp	1	الأس للأساس e	( exp 3 )	20.85 5
expt	expt	1	رفع الثاني أس لأول	( expt 3, 2 )	9
float	float	1 or 2	حول الأول بنفس نوع الثاني	float( 6, 3.0 )	6
floor	floor	1	أكبر عدد صحيح >= الأول	( floor 5, 3 )	3
incf	incf	2	أضف قيمة الثاني لأول القيمة المبدئية للثاني هي الواحد	( incf m - 3 )	-2
log	log	1 or 2	لوغاريتم الأول للأساس الثاني	( log 50, 10 )	1.699
quotient	/	2 or n	اقسم الأول على الثاني ثم الثالث وهكذا	( / 4, 5, 2 )	0.8

## لغة ليسب

1	(mod 9,8)	أقل عدد صحيح متبقى	2	mod	rem
10	(round 9,8)	تقريب الأعداد	1	round	round
-1	(signum -2)	إشارة العدد ، = - إذا كان سالب = صفر إذا كان صفر = + إذا كان موجب	1	signum	signum
3	(sqrt 9)	الجذر التربيعي	1	sqrt	sqrt
7	(1-8)	إطرح واحد	1	-1	sub 1
	(tan 2.5)	الدالة ظا	1	tan	tan
24	(* 3,2,4)	ضرب الأعداد	n	*	times
2	(truncate 9,4)	العدد الصحيح ناتج قسمة الأول على الثاني	2	truncat e	truncate

أما الأعداد في اللغة فتصنف إلى أعداد صحيحة ( Integer Numbers ) أو نسبية بين عددين صحيحين ، أو أعداد حقيقية ( Floating Point Numbers ) ، أو أعداد مركبة ( Complex Numbers ) . كما تصنف الأعداد الحقيقية من حيث الدقة ( Precession ) إلى أعداد قصيرة ( Short ) والتي تحسب في ١٣ خانة ( Bit ) ، وأعداد مفردة ( Single ) تحسب في ٢٤ خانة ، وأعداد مزدوجة ( Double ) تحسب في ٥٠ خانة ، وأعداد طويلة ( Long ) تحسب أيضا في ٥٠ خانة .

أما ناتج العمليات الرياضية ( Arithmetic Predicate ) في لغة ليسب فيتم تمثيله بإعطاء الرقم الدال على ناتج العملية أو عن طريق الثابتين ( t ) أو ( Nil ) . والثابت ( t ) يعنى أن العملية الرياضية صحيحة ( True ) أما الثابت ( Nil ) فيعنى أن العملية الرياضية خطأ أو أنها قائمة فارغة ( Empty List ) . والجدول التالي يوضح ناتج بعض العمليات الرياضية .

الناتج	مثال	الوصف	المعامل	الرمز	الدالة
T	(even -8)	صحيح إذا كان زوجي	1	even	even
T	(= 2,2,2)	صحيح إذا كانت جميع المعاملات متساوية	1	=	equal
T	(> 7,6,5)	صحيح إذا كانت المعاملات مرتبة تنازليا	n	>	greater than

### لغة ليسب

T	(< 2,3,4)	صحيح إذا كانت المعاملات مرتبة تصاعديا	n	<	less than
4	(max )	تحديد أكبر معامل	1	max	max
3	(min 2,3,4)	تحديد أقل معامل	1	min	min
T	(minusp -5)	صحيح إذا كان سالب	2	minusp	minusp
T	(/= 2,3,4)	صحيح إذا كانت المعاملات مختلفة	n	/=	not equal
T	(oddp 7)	صحيح إذا كان فرديا	1	oddp	oddp
T	(plusp 5)	صحيح إذا كان العدد موجبا	2	plusp	plusp
F	(zerop5 )	صحيح إذا كان صفرا	1 or 2	zerop	zerop

### ٨ - ٧ - ٤ العمليات على القوائم ( List Operations )

فى هذا الجزء سيتم التعرف على الدوال والعمليات التى تتم على القوائم ( Lists ) بشئ من التفصيل.

#### ١- دوال تخصيص القيم

هناك ثلاث دوال ( Set , pstq , setq ) تعمل على تخصيص القيم للمتغيرات أو تغيير قيمة المتغيرات. وهذه الدوال يتم توضيحها فى الأجزاء التالية :

#### الدالة ( Setq )

تقوم هذه الدالة بتخصيص قيمة العنصر الثانى فى القائمة إلى العنصر الأول منها والذى يجب أن يكون عنصرا رمزيا ( Symbol ) مثل :

( Setq x (+2,3) )

5

وفى هذا المثال نجد أن الرد على الأمر هو ( 5 ) أى أنه تم حساب القائمة الفرعية (+2,3) أولا ثم تخصيص ناتجها ( 5 ) إلى العنصر الأول ( X ).

## لغة ليسب

وتعمل الدالة ( Setq ) أيضا على تخصيص القيم إلى متغيراتها في عدد غير محدود من أزواج العناصر ، مثال :

**\* (setq x (-9,4) y x)**

**5**

في هذا المثال قامت الدالة ( Setq ) بالتأثير على الزوج الأول من العناصر x و ( -9,4 ) فقامت بحساب القائمة الفرعية ( -9,4 ) وناجها ٥ وتم تخصيصه إلى المتغير x. ثم قامت بالتأثير على الزوج الثاني من العناصر y و x فقامت بتخصيص المتغير x والقيمة ٥ (قيمة x التي أخذها أولا ) إلى المتغير y.

## الدالة ( Psetq )

وتؤدي نفس وظيفة الدالة ( Setq ) في تخصيص القيم للمتغيرات إلا أنه مع هذه الدالة يتم التخصيص بطريقة متوازية أي منفصلة ( كل زوج على حدة ) ، مثال :

**\*(setq x 5)**

**5**

**\*(setq y 7)**

**\*(psetq x y y x)**

**\*x**

**7**

**\*y**

**5**

في هذا المثال نلاحظ أنه تم تخصيص القيم ٥، ٧ للمتغيرين y , x على التوالي باستخدام الدالة ( Setq ) وباستخدام الدالة ( Psetq ) بالطريقة الموضحة تم تبديل قيم المتغيرين x , y ببعضهما البعض. كما يلاحظ أنه لا يوجد رد من الحاسب عند استخدام الدالة ( Pset ) .

## الدالة ( Set )

تقوم هذه الدالة بنفس وظيفة الدالة ( Setq ) ولكنها تؤثر فقط على المتغيرات العامة ( Global Variables ) وليس على المتغيرات المحلية ( Local Variables ). ويجب وضع العلامة ( ' ) قبل العنصر الأول مع الدالة ( Set ) ، مثال :

**\*(set 'x 7) ; if x has not been assigned by Setq.**

**7**

## لغة ليسب

### ب - دوال فصل عناصر القوائم

الدالتان ( Car ) و ( Cdr ) من أكثر الدوال شيوعاً عند المبرمجين بلغة ليسب وتقومان بفصل عناصر القوائم ، كما يمكن دمجها لتكوين دالة أخرى.

تقوم الدالة ( Car ) بفصل العنصر الأول من القائمة. مثال :

```
*(car '(x y z))
```

x

```
*(Car '((Delta Computer Center) x y others))
```

```
(Delta Computer Center)
```

أما الدالة ( cdr ) فهي مكملية للدالة ( Car ) حيث تقوم بفصل باقى العناصر من القائمة

بعد العنصر الأول. مثال :

```
*(cdr '( x y z ))
```

```
(y z )
```

ويمكن استخدامهما بالتتابع لفصل متغير معين من القائمة ، مثل :

```
*(car (car (cdr '(plus 7 8) (x y) )))
```

x

### ج - دوال بناء وعرض القوائم

على عكس الدوال ( Car ) و ( Cdr ) التى تفصل العناصر من القوائم فإن الدوال ( List ) و ( append ) و ( Cons ) تعمل على دمج عناصر القائمة المتبقية لتكوين قوائم أخرى.

والدالة ( List ) تقوم بدمج عناصر القائمة المتبقية لتكوين قائمة جديدة مثال :

```
*(setq x '(pq) )
```

```
(p q)
```

```
*(list x x x)
```

```
(( p q) (p q) (p q) )
```

```
*(list 'Delta'Computer 'Center)
```

```
(Delta Computer Center)
```

## لغة ليسب

وبلاحظ في المثال الأول أن الأقواس حول  $p$  و  $q$  لم تحذف عند تكوين القائمة وأصبحت القائمة مكونة من ثلاثة قوائم فرعية.

أما إذا أردنا تكوين قائمة واحدة مكونة من العناصر فقط دون الأقواس فإن الدالة ( append ) تستخدم لهذا الغرض ، مثال :

**\*(append x x x)**

**(p q p q p q)**

أما إذا أردنا الإحتفاظ بالقائمة الفرعية الأولى كما هي فإن الدالة ( Cons ) تستخدم لحفظ أقواس القائمة الأولى فقط مثال :

**\*(cons x x x)**

**((p q) p q p q)**

### د - دوال إعادة تنظيم القوائم

الدوال التي تستخدم لإعادة تنظيم القوائم هي : ( member ) و ( union ) و ( intersection ) و ( setdifference ) و ( Length ) و ( Last ) و ( nth ) و ( remove ) و ( reverse ) و أخيرا ( subst ).

والدالة ( member ) تقوم باختبار ما إذا كان العنصر التالى لها يوجد بالقائمة التالية أم لا. فإذا وجد فإن القائمة الفرعية التي تبدأ بهذا العنصر سوف يتم عرضها ، أما إذا لم يوجد فإن البرنامج يعرض القيمة ( nil ) . فمثلا :

**\*(member Ahmad '(Ali Hasan Ahmad Hohamed)**

**(Ahmad Mohamed)**

**\*(member x '(A b y z ) )**

**\*nil**

والدالة ( Union ) تقوم بحساب اتحاد فئتين ( أى قائمتين ) وتكوين فئة ( قائمة ) ثالثة مكونة من العناصر التي توجد في كلا الفئتين.

**\*(union '(A B C X Y Z) '(A R S X ) )**

**(A B C X Y Z R S)**

لاحظ الترتيب في تكوين القائمة الجديدة.



## لغة ليسب

والدالة ( Intersection ) تقوم بحساب تقاطع فئتين وتكوين فئة ثالثة مكونة من العناصر التي تشترك فيها الفئتان فقط.

```
*(intersection '(A B C X Y Z) '(A R S X))
(A X)
```

والدالة ( Setdifference ) تقوم بطرح العناصر المشتركة بين الفئتين من الفئة الأولى وعرض الفئة الأولى بعد الطرح. مثل :

```
*(setdifference '(A B C X Y Z) '(A R S X))
(B C Y Z)
```

والدالة ( Length ) تقوم بحساب عدد العناصر الموجودة داخل القائمة ، لاحظ أن القائمة الفرعية تعد كعنصر واحد

```
*(length '(A B))
2
*(length '(A B (X Y) Z))
4
```

والدالة ( Last ) تقوم بفصل العنصر الأخير من القائمة ووضعها في قائمة منفصلة ( أى وضعه بين قوسين ) :

```
*(last '(A B C X Y) Z))
(Z)
```

والدالة ( remove ) تقوم بإعادة تكوين القائمة مرة أخرى مع حذف عناصر محددة من تلك القائمة ، فمثلا :

```
*(remove 'A '(A B C D))
(B C D)
```

والدالة ( reverse ) تقوم بإعادة عرض القائمة مرة أخرى في ترتيب عكسي. فمثلا :

```
*(setq X '(I love you))
(ILove you)
*(reverse X)
```

## لغة ليسب

you love I

\*X

I love you

لاحظ أن المتغير X لم يتغير نتيجة تأثير الدالة ( reverse ) ولكنها فقط تقوم بعرض محتوياته في ترتيب عكسي.

والدالة ( Subst ) تقوم بإحلال العنصر الأول محل العنصر الثاني في القائمة المعطاة كعنصر ثالث وعلى ذلك فإن الدالة ( Subst ) تأخذ ثلاثة متغيرات ، فمثلا :

((subst 'like 'love '( I love you ))

(I like you )

هـ - دوال الإسناد ( Predicates )

الدوال ( atom ) و ( listp ) و ( null ) و ( eq ) و ( eql ) و ( equal ) و ( end ) و ( Or ) و ( not ) تستخدم في اتخاذ القرار ( Decision Making ) فهي تقوم بالرد على التعبير المسند لها ، فإذا كان التعبير صحيحا تعرض الحرف t أي ( true ) ، وإذا كان خطأ تعرض الحروف ( nil ) أي ( False ) .

والدالتان ( Atom ) و ( Listp ) تقومان باختبار محتويات القائمة ، والدالة ( Atom ) تستخدم لاختبار ما إذا كان معاملها ( Argument ) عنصرا ( Atom ) أم لا ، أما الدالة ( Listp ) فتستخدم لاختبار ما إذا كان معاملها ( Argument ) قائمة أم لا .

```
*(atom 'expert )
t
*(Listp '( expert system )
t
*(Listp 'expert )
nil
```

والدالة ( Null ) تختبر ما إذا كان العنصر التالي لها قائمة فارغة ( Empty List ) أم لا .

```
*(null 'AI)
nil
```

## لغة ليسب

```
*(null '( ))
t
```

والدوال ( Eq ) و ( Eql ) و ( Equal ) تستخدم لاختبار التشابه بين قائمتين.

والدالة ( Eq ) تستخدم لاختبار ما إذا كان المعاملان التاليان لها يشغلان نفس حيز التخزين أم لا.

```
*(setq p 'x)
x
*(setq q 'x)
x
*(eq p q)
nil
*(eq p (car (list p q)))
t
*(eq (float 3) (float 3))
nil
```

من هذا المثال يتضح لنا أنه على الرغم من أن p و q كل منهما يساوي x إلا أنهما لا يشغلان نفس الحيز في ذاكرة الحاسب لذلك كان الرد على eq بالنفي ( nil )

والدالة ( Eql ) تقوم بنفس وظيفة ( Eq ) ولكنها ترد بالإيجاب عندما يكون العنصران رقمين متساويين ومن نفس النوع.

```
*(eql (float 3) (float 3))
t
```

والدالة ( Equal ) تختبر ما إذا كان معاملاها لهما نفس الشكل ( أى يتم طباعتها بنفس الطريقة ) أم لا.

```
*(equal 5 (-7 2))
t
```

وذلك لأن العنصر الأول 5 أما العنصر الثانى فناتجه أيضا 5.

## لغة ليسب

والدوال ( and ) و ( or ) و ( not ) عبارة عن مؤثرات أو دوال منطقية. والدالة ( not ) يكون ناتجها ( t ) أى صحيح فقط عندما يكون معاملها هو ( nil ).

\*(not nil)

t

\*(not t)

nil

والدالة ( and ) تعطي ( t ) عندما يكون جميع معاملاتها صحيحة ( أى true ) فقط ، أما الدالة ( or ) فتعطي ( t ) عندما يكون هناك عنصر واحد منها على الأقل صحيحا ( أى true ).

\*(and nil t t t )

nil

\*(and t t t )

t

\*(or nil nil t )

t

## ٨ - ٢ - ٥ دوال التقييم والدوال المعرفة بواسطة المستخدم

كما نلاحظ فجميع الدوال التى تم استخدامها يتم تقييمها بواسطة مفسر لغة ليسب ( LISP Interpreter ) تلقائيا. وهذه الدوال تم وضعها بواسطة واضع اللغة وليس المستخدم. وفى هذا الجزء سنتعرف على خمسة دوال جديدة تؤدي إلى زيادة إمكانيات اللغة ، بعضها يقوم بالتقييم والبعض الآخر يساعد المستخدم فى كتابة الدوال الخاصة به.

### ١ - دوال التقييم ( Evaluation Functions )

الدالة ( Eval ) تعمل على تقييم القوائم أما الدالتان ( Apply ) و ( Mapcar ) فتقيمان دوالا أخرى :

والدالة ( Eval ) تعمل على زيادة التقييم بدرجة واحدة بعد التقييم الذى يقوم به المفسر ( Interpreter ) ، وكل استخدام للدالة يؤدي إلى زيادة التقييم درجة. والمثال التالى يوضح تأثير هذه الدالة.

\*(setq x 'y )

y

## لغة ليسب

```
*(setq y 'z)
```

```
z
```

```
*x ; This is to evaluate x by the interpreter.
```

```
y
```

```
*y ; This is to evaluate y by the interpreter.
```

```
z
```

```
*(eval x)
```

```
z
```

وهذا يعنى أن المفسر يقوم بتقييم ( x ) ثم تقييم ( y ) ( التى تكون مخصصة للمتغير x ) ،  
وذلك نتيجة استخدام الدالة ( Eval ).

والدالة ( Apply ) تؤدى إلى تطبيق الدالة التالية لها على المعاملات الخاصة بها.

والدالة ( Mapcar ) وأحيانا تسمى ( Apply-to-all ) تعمل على تطبيق الدالة التالية لها  
على جميع عناصر القائمة ومن ثم تقوم بعرض قائمة جديدة تحتوى على العناصر الجديدة.

وفى المثال التالى نجد أن الدالة ( Mapcar ) تعمل على تطبيق الدالة + على عناصر  
القائمتين وعرض قائمة جديدة كل عنصر بها هو مجموع كل عنصرين من القائمتين الأصليتين.

```
*(mapcar #'(1 2 3 4 5) '(1 2 3 4 5))  
( 2 4 6 8 10 )
```

لاحظ فى هذا المثال أن القائمتين متساويتان فى الطول.

ب - الدوال المعرفة بواسطة المستخدم

الدالتان ( Defun ) و ( Lambda ) يساعدان المستخدم فى بناء الدالة الخاصة به. الدالة  
( Defun ) تقوم بتعريف الدوال ذات الأسماء ، أما الدالة ( Lambda ) تقوم بتعريف الدوال غير  
المسماه.

والدالة ( Defun ) تأخذ الشكل التركيبى الآتى :

## لغة ليسب

```

*(defun function-name (parameter1, parameter2, .... )
  ( expression1 )
  ( expression2 )
  ⋮
  ( expression )
)

```

ويجب أن تظهر جميع المتغيرات ( parameter1 , parameter2 , ... ) داخل جسم الدالة. كما يمكن استخدام قوسين فارغين بدلا من المتغيرات. ولتوضيح ذلك نذكر المثال التالي :

```

*(defun not_implemented_yet ( )
  (print 'This function is not implemented yet. ) ; print a
  message. )

```

فهذه الدالة عند مناداتها ( بالاسم not\_implemented\_yet ) ستقوم بعرض الرسالة ( This function is not implemented yet. ) . وفي الأجزاء التالية سنرى أمثلة أكثر على استخدام الدالة ( Defun )

أما الدالة ( Lambda ) فيمكن توضيحها بالمثال التالي :

إذا أردنا تحويل قائمة مكونة من الأعداد ( 5 10 15 20 25 ) من الميل إلى الكيلومتر فإننا نريد ضرب كل عنصر في الرقم ( ١,٦ ) ، فإذا استخدمنا الدالة ( Mapcar ) يكون الناتج كالتالي :

```

*(mapcar #'* '(1.6) ( 5 10 15 20 25 ))
( 8 )

```

وهذه المشكلة ظهرت لأن القائمة الأولى ( 1.6 ) يوجد بها عنصر واحد فقط فتم ضرب هذا العنصر في العنصر الأول من القائمة الثانية ومن ثم تم عرض الناتج ( 8 ) . وللتغلب على هذه المشكلة تستخدم الدالة ( Lambda ) كالآتي :

```

*(mapcar #'( Lamhd (x)
  ( * x 1.6) )
  `( 5 10 15 20 25 )

```

## لغة ليسب

)  
( 8 16 24 32 40 )

وهذا معناه أن الدالة (( Lambda x )) تجعل العملية الموجودة في التعبير التالي لها ( أى عملية الضرب في هذه الحالة ( \* )) يتم تكرارها بعدد العناصر الموجودة في القائمة الثانية مع إحلال عناصر هذه المجموعة محل معاملها ( x ).  
ومن هذا المثال يتضح لنا الآتى :

أ - الدالة ( Lambda ) تستخدم لتعريف الدوال الغير مسماة ، أى الدوال التى لا يتم استدعاؤها إلا مرة واحدة فقط وهى لحظة ظهورها.  
ب - الدالة ( Lambda ) تستخدم بصفة خاصة عند تطبيق دالة على أكثر من عنصر فى القائمة.

## ٨ - ٢ - ٦ الدوال الشرطية ( Conditional functions )

فى هذا الجزء سنتعرف على الدوال الشرطية التى تتحكم فى سير البرنامج.

أ - الدالة ( Cond )

أول هذه الدوال هى الدالة الشرطية ( Cond ) وتأخذ التركيب التالى :

```
*(cond (test1 result1)
      (test2 result2)
      ⋮
      (testN resultN)
)
```

حيث أن كل قائمة فرعية تعتبر جملة شرطية تحتوى على الشرط وجواب الشرط. ومن المفيد دائما جعل آخر جملة شرطية توضح ماذا يحدث إذا لم تتحقق الجمل الشرطية السابقة وذلك بوضع الشرط مساويا للثابت ( t ) بحيث يكون جواب الشرط هو تعبير يوضح نتيجة عدم تحقق الجمل الشرطية السابقة ، كما فى المثال التالى حيث تم استخدام الدالة ( Cond ) لدعم الدالة ( member )

```
*(Defun member (element List)
  (cond ((null List) 'nil)
```

## لغة ليسب

```
((eq element (car List)) List)
(t (member element (car List)))
```

```
)
)
```

ففى هذا المثال تقوم أول جملة شرطية باختبار هل القائمة فارغة أم لا ، وتقوم الجملة الثانية باختبار هل العنصر مساويا لأول عنصر بالقائمة أم لا ، أما الجملة الثالثة فهى الجملة التى توضح ماذا سيحدث إذا لم تتحقق الجملتان السابقتان.

### ب - الدالة ( If )

هذه الدالة تأخذ ثلاثة متغيرات ، المتغير الأول يعبر عن الشرط والثانى يعبر عن جملة تحقق الشرط والثالث يعبر عن جملة عدم تحقق الشرط وتأخذ الشكل التالى :

```
if ((test) (then) (else) )
```

فعند تحقق الشرط ( test ) يتم اختيار جملة ( then ) وتقييمها أما إذا لم يتحقق ، أى إذا كان ناتج الاختبار ( nil ) ، فإن جملة ( else ) هى التى يتم تقييمها وإذا لم توجد هذه الجملة فإن الناتج من تعبير ( IF ) سيكون القيمة ( nil ) ، وهذا معناه أن جملة ( else ) يمكن إهمالها من التعبير ، والمثال التالى يوضح لنا كيفية استخدام هذه الدالة.

```
*(defun make_even (y)
  (if (oddp y) (add 1 y) y)
)
```

وفى هذا المثال يتم تعريف الدالة ( make\_even(y) ) ، وهى دالة تجعل المتغير ( y ) زوجيا إذا كان فرديا وتتركه كما هو إذا كان زوجيا. ويتم ذلك كالتالى:

يتم أولا تقييم جملة الإختبار ( test ) وهى ( oddp y ) أى تطبيق الدالة ( oddp ) على المعامل ( y ) حيث تعطى ( t ) إذا كان فرديا و ( nil ) إذا كان زوجيا. فإذا كان الناتج ( t ) أى فرديا يتم إضافة واحد له عن طريق الدالة ( add 1 y ) فى جملة تحقق الشرط ( Then ). أما إذا كان الناتج ( nil ) فإن المعامل ( y ) سوف يتم إعادته كما هو عن طريق كتابة ( y ) فى جملة ( else ).



## لغة ليسب

### ج - الدالة ( When )

تأخذ هذه الدالة الشكل التركيبي الآتي :

**\*(when (test) (action1) (action2) .... )**

ويتم أولاً تقييم قائمة الإختبار ( test ) فإذا كانت صحيحة ( non-nil ) فإن القوائم التالية سيتم تقييمها بالتتابع ويتم عرض ناتج آخر قائمة أما إذا كانت ( nil ) فإن جميع القوائم لن تقييم ويتم عرض الرد ( nil ) . والأمثلة التالية توضح كيفية استخدامها .

```
*(when (not (zerop 3 )) (list '(this is a non_zero number
)))
(This is a non_zero number )
*(when (zero 3 ) (list '(This is a non_zero number )))
nil
```

### د - الدالة ( Unless )

وتأخذ الشكل التركيبي التالي :

**\*(unless (test) (action1) (action2) ..... )**

وهي مثل الدالة ( when ) ولكن في هذه الحالة يتم تقييم القوائم الفرعية إذا كانت نتيجة الإختبار ( test ) هي ( nil ) فقط أما إذا كانت غير ذلك فيتم عرض الرد ( nil ) . ويتضح ذلك من الأمثلة التالية :

```
*(unless (zerop 3) (list '(This is a non_zero number)))
(This is a non_zero number)
*(unless (zerop 0) (list ' (This is a non-zero number)))
nil
```

### هـ - الدالة ( And )

وتأخذ الشكل التركيبي التالي :

**\*(and (test) (action 1 , action 2 , .... ) )**

## لغة ليسب

وهي كما رأينا من قبل يمكن أن تستخدم كمؤثر منطقي ( Logical Operator ) بالإضافة إلى كونها دالة تحكم ( Control Structure Function ). وفي هذا التركيب يتم تقييم القائمة الفرعية إذا كانت قائمة الإختبار صحيحة ( t ) أما إذا كانت غير صحيحة ( nil ) فإن القائمة الفرعية لن يتم تقييمها ويكون الناتج من تعبير الدالة ( and ) هو ( nil ). فمثلا

```
*(and (not (zerop 3)) (list '(This is a non_zero number)))
(This is a non_zero number)
```

## و - الدالة ( Case )

وهي دالة شرطية تأخذ الشكل التركيبي التالي:

```
*(case key
  (keylist1 consequent1 - 1 .... )
  (keylist2 consequent2 - 1 .... )
  .
  .
  .
  (otherwise consequent ..... )
)
```

وهي تؤدي إلى تنفيذ إحدى الجمل عند توافق أحد عناصر قائمة المفتاح ( Key List ) لهذه الجملة مع المفتاح ( Key ) الذي يتم اختباره وعند التوافق فإن القوائم الفرعية التالية ( Consequent .... ) يتم تقييمها وعرض ناتج آخر قائمة فرعية بها. أما إذا لم يتفق المفتاح ( Key ) مع أي عنصر من عناصر القوائم ( Key Lists ) فإن قائمة ( Otherwise ) يتم تقييمها وإذا لم توجد هذه القائمة يتم عرض الثابت ( nil ) ، والمثال التالي يوضح كيفية استخدام الدالة ( Case ) :

```
*(defun odd_even (x)
  (case x
    ((1 3 5 7 9) `odd)
    ((2 4 6 8 10) `even)
    (otherwise '> 10)
  )
)
```

فإذا كان المتغير ( x ) مساويا عددا فرديا أقل من ١٠ تعرض الدالة كلمة ( odd ) وإذا كان زوجيا وأقل من ١٠ تعرض كلمة ( even ) وإذا كان غير ذلك تعرض ( > 10 ).

## ٨ - ٢ - ٢ الاستدعاء الذاتى ( Recursion )

تحقق لغة ليسب خاصية الاستدعاء الذاتى ( Recursion ) كما يحدث فى اللغات الإجرائية مثل لغة ( C ). وخاصية الاستدعاء الذاتى هى إمكانية استدعاء الدالة لنفسها. وتفيد هذه الخاصية فى حل المشكلة بتجزئتها إلى جزئين جزء أول وباقي ، فيتم حل الجزء الأول بدالة معينة ثم تطبق نفس الدالة على الجزء الباقي. وهكذا حتى يتم حل المشكلة حلا كاملا.

وهناك ثلاث قواعد رئيسية لاستخدام وتكوين برامج التكرار الذاتى هى :

أ - تحديد الخطوة الأولى

ب - تحديد الخطوة التالية بعد إنجاز بعض المهام وحساب الباقي ( والباقي هذا يجب أن يكون أصغر من القيمة السابقة له ).

ج - معرفة الخطوة الأخيرة ( حيث يجب أن يصاحبها اختبار ).

والمثال التالى يوضح هذه الخاصية. وفى هذا المثال يتم حساب مضروب العدد ( n ) أى حساب الدالة ( Factorial (n ).

\* (Defun factorial (n)

(Cond (zerop n) 1) ; Last step.

(t (Times n (factorial (sub 1 n)))) ; first  
and next steps.

)

)

ويمكن تفسير هذا البرنامج فى الخطوات التالية :

١ - تعريف الدالة ( Factorial (n )

٢ - اختبار هل (n) تساوى صفر أم لا ، فإذا ساوت الصفر ينتهى عمل الدالة بتحديد القيمة ( 1 ).

٣ - إذا لم تساو الصفر فإن الدالة ( Factorial ) سوف يتم استدعاؤها مرة أخرى بالمتغير ( n - 1 ) وتكون قيمة ( Factorial (n ) هى ( (n - 1) x factorial (n - 1) ).

أما الخطوات الثلاث الأساسية فى هذا البرنامج فنذكرها كالتالى :

١ - الخطوة الأولى هى معرفة الرقم الذى سيتم إيجاد مضروبه وهو ( n ).

٢ - الخطوة التالية التكرارية هى أن مضروب ( n ) يساوى مضروب ( n - 1 ) فى العدد ( n ).

٣ - الخطوة الأخيرة هى تحقيق الشرط ( n = zero ) وعند ذلك يتوقف التكرار.



# الفصل التاسع

## لغة برولوج

( PROLOG )



## لغة برولوج

لغة برولوج ( PROLOG ) هي إختصار ( PROgramming in LOGic ) أي البرمجة المنطقية. وصمم هذه اللغة أستاذ بجامعة مرسيليا بفرنسا يدعى آلن كولميرير ( Alan Colmeraur ). وظل استخدام لغة البرولوج محصورا في معامل أبحاث الذكاء الاصطناعي بقارة أوروبا حتى أكتوبر ١٩٨١ عندما أعلن اليابانيون أن لغة برولوج ستكون اللغة الرئيسية لحاسبات الجيل الخامس.

والى الآن لم تكتسب لغة البرولوج قبولا وانتشارا تجاريا واسعا في أمريكا، ويرجع ذلك لسببين : الأول هو صعوبة إتصالها باللغات التقليدية مثل لغة فورتران ( FORTRAN ) ، والثاني هو بطء برامج البرولوج في طور الإنتاج. وعلى الرغم من تغلب البرولوج السريع ( Turbo PROLOG ) على مثل هذه المشاكل إلا أنه حقق ذلك على حساب خصائص أخرى للبرولوج مثل التوحيد ( Unification ).

وتعتمد لغة البرولوج على مفهوم البرمجة المنطقية ( Logic Programming ) ، والتي تتعامل مع جمل ( Statements ) تحتوى على أشياء ( Objects ) والعلاقات ( Relationships ) التي تربط بينها مثل الجملة :

**Professor (Mohamad , Ali)**

في هذه الجملة تسمى كلمة ( Professor ) بالمسند أو المحمول ( Predicate ) وتمثل العلاقة بين المعاملات ( Mohamad ) و ( Ali ) ، وهي توضح أن ( Mohamad ) هو أستاذ ( Ali ) .

وعلى هذا فإن لغة البرولوج تسمح للمبرمج بتمثيل العلاقات بين الأشياء وتجميع وتنظيم هذه العلاقات حتى يمكن الوصول إلى إستنتاج منطقي من الحقائق التي تمثلها تلك العلاقات. وذلك على عكس اللغات التقليدية مثل الباسكال و سي التي تطلب من المبرمج كتابة الخطوات التفصيلية التي يجب على الحاسب إتباعها.

والبرمجة بلغة البرولوج تنقسم إلى ثلاثة مراحل هي :

- ١- إعلان الحقائق عن الأشياء ( Objects ) و العلاقات التي تربط بينها.
- ٢- تعريف القواعد ( Rules ) التي تحكم كلا من الأشياء والعلاقات التي تربط بينها.
- ٣- السؤال عن الأشياء والعلاقات التي تربطها.

## لغة برولوج

والمرحلة الثالثة يمكن أن تأتي بعد المرحلة الأولى مباشرة حيث يمكن السؤال عن الأشياء دون تطبيق أى قواعد.

وهناك عدة إصدارات للغة البرولوج ولكن إصدار جامعة إدنبورج (Edinburgh University) يعتبر هو الإصدار القياسى وسوف يتم التعرف عليه فى الأجزاء التالية.

## ٩ - ١ كيفية الإعلان عن الحقائق والسؤال عنها

للإعلان عن الحقائق فى برنامج البرولوج يجب أولاً تحديد الأشياء ( Objects ) والعلاقات التى تمثل تلك الحقائق. فمثلاً إذا كانت هناك حقيقة تقول أن ( Ali Likes Mohamad ) فالأشياء فى هذه الحقيقة هى الأسماء ( Ali , Mohamad ) أما العلاقة بينهما فهى ( Likes ) - وتسمى بالمسند ( Predicate ) - أى الصفة التى تتعلق بشئ ما أو العلاقة التى تربط بين شيئين أو أكثر. ولتمثيل هذه الحقيقة فى برنامج البرولوج تكتب كالتالى :

likes (ali , mohamad).

لاحظ كتابة أسماء الأشياء والعلاقات بالحروف الصغيرة ( Small Letters ) وذلك لأن الأسماء التى تبدأ بالحروف الكبيرة ( Capital Letters ) أو بالحرف ( - ) ( Underscore ) يعتبرها البرولوج متغيرات ( Variables ). وتختلف الحقيقة باختلاف ترتيب أسماء الأشياء، بمعنى أن likes(ali , mohamad) تختلف عن likes(mohamad , ali). وينتهى الإعلان عن الحقيقة بوضع نقطة (.) فى آخرها.

ويطلق على التعبير ( likes ( ali , mohamed ) فى لغة البرولوج لفظ العبارة ( Clause ). ويمكن ترجمة اللغة المكتوبة بإحدى اللغات الطبيعية (الإنجليزية أو العربية) إلى عبارة أو أكثر من عبارات البرولوج. ويتم ذلك بتحديد الأشياء التى يدور حولها موضوع الجملة وتحديد الصفات أو العلاقات التى تميزها، أو محمول الجملة.

كما يجب ملاحظة أن الاسم الذى يعبر عن صنف ( Class ) معين من الأشياء يجب أن يختلف عن الاسم الذى يعبر عن عنصر محدد من ذلك الصنف ( Instance of the class ). على سبيل المثال إذا أردنا كتابة برنامج خبير بواسطة لغة



## لغة برولوج

البرولوج ليستطيع تمييز سمكة معينة من أسماك القط ( Catfish ) وهى سمكة نشطة ( Active ) يجب اعلان حقيقتين هما :

A catfish resembles an eal.

The catfish is extremely active.

ففى هذه الحالة يجب اعطاء ( Catfish ) فى الحقيقة الثانية إسما مختلفا عن الحقيقة الأولى ، أى كتابتها بالصورة التالية :

resemble (catfish , eal).

active (catfish1).

وذلك لأن الاسم فى البرولوج له معنى واحد فقط. وبهذه الطريقة يمكن تمثيل جميع الحقائق داخل برنامج البرولوج ، ومجموعة هذه الحقائق تسمى قاعدة المعرفة ( Knowledgebase ).

وبمجرد تخزين الحقائق فى قاعدة بيانات يمكن بعد ذلك الاستفسار ( Query ) عن أى أشياء والعلاقات التى تربط بينها. فعلى سبيل المثال إذا أخذنا قاعدة المعرفة التى تمثل العلاقة بين ( Mohamad , Ali ) فى المثال الأول فيمكن السؤال عن العلاقة بينهما بإحدى الطريقتين التاليتين :

? - likes ( ali , mohamad).

أو

likes (ali , mohamad)?

وبناء على هذا السؤال يقوم البرولوج بالبحث فى قاعدة المعرفة ( Knowledgebase ) عن عبارة ( Clause ) تطابق العبارة الموجودة فى السؤال. ويحدث الإتفاق عندما يتفق كل من المسند فى عبارة السؤال مثل ( Like ) مع المسند فى الحقيقة الموجودة فى قاعدة المعرفة وأيضا عندما تتفق معاملات السؤال مع مثيلاتها من معاملات الحقيقة.

وبما أن السؤال يتفق مع الحقيقة يقوم البرولوج بالرد بالإيجاب ( Yes ) على ذلك السؤال. ولكن إذا تغير ترتيب المعاملات ، مثل

likes (mohamad , ali) ?

يكون الرد بالنفى ( No ).

وهذا يعنى أن الحاسب ( أو برنامج البرولوج ) لايعلم أى حقيقة تتفق مع هذا السؤال ، أو بمعنى أدق لاتوجد عبارة تمثل هذه الحقيقة فى قاعدة المعرفة.

## ٩ - ١ - ١ الثوابت والمتغيرات

يمكن أن تحتوى العبارة فى لغة البرولوج على نوعين من البيانات ثوابت ( Constants ) ومتغيرات ( Variables ). والثابت ( Constant ) هو أى اسم يقوم بوصف شئ محدد ( Specific Object ) ، مثل ( mohamad ) ، ( ali ) ، أو وصف أى علاقة محددة ( Specific Relationship ) ، مثل ( Likes ) . وهناك نوعان من الثوابت فى لغة البرولوج وهما الأعداد الصحيحة ( Integers ) والعناصر ( Atoms ) .

### ١- الأعداد الصحيحة ( Integers )

وهى مجموعة الأعداد الصحيحة الموجبة أو السالبة المحصورة بين العددين ( -32,765 ) و ( 32,765 ) ، مثل :

-15.7, 32, 1011, -3200

### ب- العناصر ( Atoms )

العنصر ( Atom ) هو عبارة عن سلسلة من الحروف أو الأعداد أو الحروف الخاصة والتي تصف اسم أى شئ ( Object ) أو علاقة ( Relationship ) كما يجب أن يتحقق فيه الشروط الثلاثة التالية :

- ١- ألا يبدأ بعدد صحيح أو حرف كبير ( Capital ) أو العلامة ( underscore ) ( \_ ) .
- ٢- ألا يحتوى على علامة ( hyphen ) ( - ) .
- ٣- إذا احتوى العنصر على أى علامة من العلامات السابقة يجب أن ينحصر بين علامتى التنصيص ( " ) .

ومن أمثلة العناصر ما يلى :

abc	mohamad
chapter_10	' This is an atom.

والأمثلة التالية ليست عناصر :

456	Vector
-----	--------

## لغة برولوج

Street5                      \_Tax  
Large\_Number

أما المتغير ( Variable ) فهو أى سلسلة من الحروف تبدأ إما بحرف كبير ( Capital ) وإما بالعلامة ( \_ ) ( Underscore ) ، وهو اسم خاص يمكن أن يتفق مع أى شيء ( Object ) موجود بقاعدة المعرفة. والأسماء الآتية تعتبر متغيرات :

Abc	_Ten	Like
X	Xaxis	Move
Yz	Ali	X_Y_Z

وتستخدم المتغيرات عادة للتعبير عن أى شخص أو عن أى شيء ، فعلى سبيل المثال إذا أردنا أن نعبر عن الجملة ( Every one Likes Mohamad ) نكتب :

Likes (X , mohamad).

وفى هذه الحالة إذا سألنا عن أى شخص هل هو يحب محمد فسيكون رد البرولوج بالإيجاب ، أى إذا سألنا :

likes (ahmad, mohamad)?

سيكون الرد هو :

Yes

معنى ذلك أن أى عنصر يحل محل المتغير ( X ) يجعل البرولوج يرد بالإيجاب. واستخدام المتغيرات فى التعبير عن الحقائق يمكن أن يدمر العلاقات التى تربط الأشياء ( Objects ) فى قاعدة المعرفة ، وسنرى فيما بعد كيفية التغلب على هذا الإستخدام السيئ للمتغيرات.

## ٩ - ١ - ٢ التراكيب ( Structures )

التركيب ( Structure ) ، ويسمى أيضاً بالمسند المركب ( Compound Predicate ) ، هو العبارة التى تأخذ الشكل  
predicate ( argument1 , argument2 ,...).

## لغة برولوج

حيث المعامل الأول ( Argument I ) يمكن أن يكون ثابتا ( Constant ) أو متغيرا ( Variable ) أو عبارة ( Clause ) أو تركيبا ( Structure ). والأمثلة التالية تعتبر تراكيب صحيحة.

likes (ali , mohamad).

point (X ,Y , Z ).

owns (ahmed , book (X , author ('Mc Craw Hill'))).

ويمكن أن يحتوى التركيب على المعاملات المنطقية ( And ) , ( Or ) حيث تفسر العلامة (,) فى البرولوج بالمعامل ( And ) وأى من العلامتين ( ; ) ( | ) بالمعامل ( Or ) . والمثال التالى يوضح كيفية استخدام المعامل ( , ) أى ( And )

likes ( ali , mohamad ) , like ( omar , mohamad)?

وللإجابة على هذا السؤال يقوم البرولوج بالبحث فى قاعدة المعرفة عن الشرط الأول من السؤال ، أى العبارة الأولى ، فإذا وجدها لا تتفق مع أى من الحقائق الموجودة بالنفى ( no ) وإذا وجدها تتفق مع حقيقة من الحقائق يبدأ بالبحث عن الشرط الثانى ، أى العبارة الثانية ، فإذا وجدها لا تتفق مع أى من الحقائق رد بالنفى ( no ) وإذا وجد غير ذلك رد بالإيجاب ( yes ).

أما المثالين التالين فيوضحان كيفية استخدام المعامل ( Or ) وكلاهما يؤدي نفس المعنى :

likes ( ali , mohamad ) ; likes (ali , adel)?

أو

likes ( ali , mohamad ) | likes (ali ,aAdel)?

وفى هذه الحالة يرد البرولوج بالإيجاب ( yes ) إذا وجد اتفاق بين التعبير الأول وحقيقة من الحقائق وإذا لم يجد يقوم بالبحث عن التعبير الثانى فى الحقائق فإذا تم الاتفاق بينه وبين أى حقيقة رد بالإيجاب ( yes ) وإذا لم يجد رد بالنفى ( no ).

## ٩ - ٢ البحث الراجع ( Backtracking )

تتميز لغة البرولوج بإمكانية البحث الراجع ( Backtracking ) ، وهى طريقة من طرق البحث عن معلومات معينة داخل قاعدة المعرفة. والمثال التالى يوضح أهمية وجود هذه الخاصية.

## لغة برولوج

إذا زونا البرولوج بقاعدة المعرفة التالية :

likes ( ali , mohamad).

likes (ali , ahmad).

likes (ali , omar).

likes (ali , adel).

likes (ahmad , mohamad).

فإذا أردنا الاستفسار عن الأشخاص الذين يحبهم "على" ، نكتب السؤال التالي:

likes (ali , People\_Ali\_Likes) ?

فى هذه الحالة يبدأ البرولوج بالبحث فى قاعدة المعرفة لإيجاد قيم المتغير ( People\_Ali\_Likes ) وهذا المتغير يسمى بمتغير "غير محدد ( Uninstantiated )".  
وعندما يجد حقيقة ( أى عبارة ) تتفق مع السؤال ( وهى أول عبارة ) يقوم البرولوج بإسناد الاسم ( أى الشيء ) المناظر لذلك المتغير إليه أى وضع ( People\_Ali\_Likes=Mohamad ). وفى هذه الحالة يقال أن المتغير تم تحديده ( Instantiated ) بالعنصر ( أو الشيء أو الثابت ) ( Mohamad ).

والآن دعنا نرى الإجابة على هذا السؤال و بعد ذلك نرى كيف توصل البرولوج إلى هذه الإجابة. فالإجابة على السؤال السابق ستكون على الشكل التالى :

People\_Ali\_Like = mohamad

People\_Ali\_Like = ahmad

People\_Ali\_Like = omar

People\_Ali\_Like = adel

والذى حدث داخل البرولوج للوصول إلى هذه النتيجة هو كالتالى :

يبدأ البرولوج فى البحث داخل قاعدة المعرفة من أول عبارة وعندما يجد أى توافق بين المسند والمعامل الأول فى السؤال والمسند والمعامل الأول فى الحقيقة يقوم بوضع علامة عند هذه الحقيقة ويحاول بعد ذلك البحث عن حقيقة أخرى تتفق مع السؤال وهكذا إلى أن يتم البحث فى قاعدة المعرفة كلها.

وعند الإنتهاء من البحث بقاعدة المعرفة يعود البرنامج إلى تلك العلامات التى كان قد وضعها ، ومن ثم يقوم بإسناد المعاملات المقابلة للمتغير فى تلك الحقائق إلى المتغير ، ومع كل إسناد يقوم بالرد بقيم المتغير الذى وجدها فى كل حقيقة بالصورة السابق توضيحها.

## لغة برولوج

وتسمى عملية الرجوع إلى العلامات التي سبق وضعها عند الحقائق المتفقة مع السؤال بالبحث الراجع ( Back\_Tracking ) وهذه العملية سنتعرف عليها أكثر في الجزء الخاص بالنظم الخبيرة.

والمثال التالي يوضح عملية البحث الراجع وأيضا الإمكانيات المتاحة في طرق الإستفسار. فإذا أردنا أن نسأل عن الأشخاص الذين يحبهم كل من على وأحمد نطرح السؤال التالي:

likes (ali, People\_liked) , likes (ahmad, People\_liked)?

وفي هذه الحالة يقوم البرولوج بالبحث داخل قاعدة المعرفة عن العبارة التي تتفق مع الجزء الأول من السؤال. ولأن المتغير ( People\_Liked ) يمكن أن يتفق مع أى شيء في قاعدة المعرفة، سيقوم البرولوج بإسناد ( Mohamad ) من الحقيقة الأولى إلى هذا المتغير. وبعد ذلك يحاول البرولوج البحث في قاعدة المعرفة عن حقيقة تتفق مع الجزء الثاني من السؤال ويفشل مع أول حقيقة وهي likes (ali , ahmad). ومع هذا الفشل لا يرد البرولوج مباشرة بالنفي ولكنه يستخدم خاصية البحث الراجع ( Backtracking ) في المحاولة مرة ثانية وثالثة وهكذا إلى أن يتم إتفاق بين عبارة السؤال وأى حقيقة أو ينتهي البحث في جميع الحقائق الموجودة بقاعدة المعرفة.

وفي المثال السابق يرد البرولوج بعد أربعة محاولات بأن الشخص الذي يحبه كل من على وأحمد هو محمد ويكون الرد على الصورة التالية :

People\_liked = mohamad.

## ٩ - ٣ إضافة القواعد إلى قاعدة المعرفة

يمكن إضافة القواعد ( Rules ) إلى قاعدة المعرفة بكتابتها بالشكل التالي :

P :-

Q ,

R ,

.

.

.

Z .

## لغة برولوج

أو كتابتها بالشكل التالي :

$P : - Q, R, \dots, Z .$

وكما نرى تتكون القاعدة من قسمين هما العنوان ( head ) والجسم ( body ) ويفصل كلا منهما العلامة (-).

ففي المثال السابق تمثل ( P ) العنوان وتمثل ( Q , R , ... , Z ) جسم القاعدة.

وهذه القاعدة تعنى أن ( P ) تتحقق ( أى True ) إذا تحقق كل من ( Q ) , ( Z ) , ... , ( R ) لاحظ أن الفاصلة (,) هنا تعنى ( and ) ، ويمكن استخدام ( ; ) أى ( OR ) داخل جسم القاعدة أيضا.

وتضاف القواعد الجديدة إلى قاعدة المعرفة أو تكتب في صورة برنامج للتحكم في عملية البحث واستخراج البيانات المطلوبة ، والمثال التالي يوضح ذلك :

إذا أردنا البحث في قاعدة المعرفة عن شخص ما ( Person1 ) والذي يكون أخا لشخص معروف ( Person2 ) نكتب القاعدة التالية :

- brother\_of (Person1 , Person2) :

parent ( X , Person 1 ) ,  
parent ( X , Person 2 ) ,  
sex ( Person1 , male),  
diff ( person1 , Person2).

diff ( X , Y ) : - X / = Y.

وهذا معناه أننا نحدد أن الشخص الأول ( Person1 ) يكون أخا للشخص الثانى ( Person 2 ) إذا كان والد ( Parent ) الشخص الأول هو نفسه والد الشخص الثانى ، وأن الشخص الأول ذكر ( لأنه " أخ " الثانى ) ، وكذلك الشخص الأول يختلف عن الشخص الثانى ( وذلك لكى لا يرد علينا البرولوج بأن محمد ، مثلا ، أخو نفسه لأن لهم نفس الأب ) . والقاعدة التى تفرق بين الشخصين تم كتابتها بعد القاعدة الاولى وهى تقول أن المتغير ( X ) لا يساوى ( /= ) المتغير ( Y ) .

## لغة برولوج

ولتوضيح هذه القاعدة نكتب قاعدة المعرفة الخاصة بالأسرة المكونة من ( Ali ) أب و ( Fatma ) أم و ( Ahmad , Mohamad , Khalid , Mona ) أبناء.

وهي تكتب كالاتي :

parent (ali , ahmad).

parent (ali , mohamad).

parent (ali , khalid).

parent (ali , mona).

parent (fatma , mona).

parent ( fatma , ahmad).

parent ( fatma , mohamad).

parent ( fatma , khalid).

sex (ali , male).

sex ( fatma , female).

sex ( mona , female).

sex ( ahamd , male).

sex ( mohamad , male).

sex ( khalid , male).

وهذه التعبيرات أو الحقائق التي تكون قاعدة المعرفة للأسرة تمثل العلاقات التي تربط الأسماء ببعضها وهي أن ( Ali ) هو والد كل من ( ahmad ) و ( mohamad ) و ( khalid ) وهو ذكر ( male ) وهم ذكور وهو أيضا والد ( mona ) وهي أنثى ( female ) وأن ( fatma ) هي أم كل من ( ahmad ) و ( mohamad ) و ( khalid ) و ( mona ) وهي أنثى ( female ). وبعد كتابة قاعدة المعرفة كما سبق الإيضاح يمكن إجراء الإستفسارات التالية :

١- هل ( khalid ) أخو ( mohamad ) ويكون السؤال كالتالي :

borther\_of ( khalid , mohamad)?

وتكون الإجابة بالإيجاب

yes

وذلك لأن البرولوج تتبع الخطوات التي تحقق القاعدة ( brother\_of ) وهي أن الشخص الأول والثاني لهما نفس الأبوين والأول ذكر ويختلف عن الثاني ( أي أن khalid لايساوى mohamad ).



## لغة برولوج

٢- من هم إخوة ( ahmad ) ، ويكون السؤال كالتالى :

brother\_of ( X , ahmad)?

وفى هذه الحالة يكون الرد بأسماء كل إخوة ( ahmad ) الذين يتفقون مع القاعدة

( brother\_of ). ويكون الرد كالتالى

X = mohamad

X = khalid

أى أن كل من ( mohamad ) و ( khalid ) يتفق مع المتغير ( X ) والذى يمثل إسم

إخوة ( ahmad ) . ويلاحظ إنه لم يذكر ( mona ) وذلك لأن نوعها ( sex ) يختلف عن النوع

الموجود بالقاعدة ( brother\_of ).

## ٩ - ٤ العمليات الرياضية ( Arithmetic Operations )

تحتوى معظم إصدارات لغة البرولوج على المعاملات الرياضية

(Arithmetic Operators) الموضحة فى الجدول التالى ، كما أن بعض الإصدارات تحتوى

على المعامل ( is ) والذى يقوم بعمل المعامل (=) ، أى أن العبارة ( x is 10 + 20 )

تكافئ ( x = 10 + 20 )

المعامل	المعنى	مثال	الناتج
+	الجمع	2 + 3	5
-	الطرح	3 - 1	2
*	الضرب	5 * 3	15
/	ناتج القسمة الصحيحة	7 / 4	4
mod	باقي القسمة الصحيحة	7 mod 4	3
=	اختبار التساوى	2 = 2	true
/=	اختبار عدم التساوى	3 = \2	true
>	أكبر من	5 < 3	false
<	أقل من	5 > 3	true
<=	أقل من أو يساوى	X <= Y	غير محدد
>=	أكبر من أو يساوى	X <= Y	غير محدد

## ٩ - ٥ القوائم ( Lists )

كما في لغة ليسب فإن لغة البرولوج توفر استخدام القوائم ( Lists ) والقائمة هي إما عنصر ( Atom ) يمثل قائمة فارغة ( [] ) ، وإما تركيب مكون من معاملين ( Arguments Two ) ، الرأس ( Head ) والذيل ( Tail ) محصورين داخل قوسين مربعين ( [] ) ويمثل الرأس العنصر الأول ( First Element ) والذيل باقى العناصر. فمثلا فى القائمة [ a, b, c, d, e, ] فإن العنصر ( a ) يمثل رأس القائمة وباقى العناصر ( e ) ، ( ) ، ( d ) ، ( c ) ، ( b ) تمثل ذيل القائمة.

والمثال التالى يوضح كيفية إستخدام القوائم فى البرولوج :

وإذا اعتبرنا الحقيقة التالية :

`friends ( [ a, b, c, d, e, ] ).`

فإذا أردنا معرفة رأس القائمة وذيلها نكتب السؤال التالى :

`friends ( [ Head | Tail ] )?`

or

`friends ( [ Head | ... Tail ] )?`

فيجيب البرولوج بالآتى

`Head = a`

`Tail = [ b, c, d, e ]`

أى أن ذيل القائمة [ a, b, c, d, e ] هو أيضا قائمة فرعية [ b, c, d, e ].

وبهذه الإمكانية يمكننا بناء الدوال الذاتية الموجودة فى لغة ليسب ، مثل ( car ) و ( cdr ) و ( member ) فى لغة البرولوج. فعلى سبيل المثال يمكن كتابة الدالة ( member ) فى لغة البرولوج ، بتعريفها بالقاعدتين التاليتين :

- ١- العنصر ( A ) عضو ( member ) فى القائمة ( P ) إذا كان ( A ) هو أول عنصر فى ( P ).
- ٢- إذا لم يكن ( A ) هو أول عنصر فى ( P ) ، فإن ( A ) يكون عنصرا فى ( P ) فقط إذا كان عنصرا فى ذيل القائمة ( P ).

## لغة برولوج

وتكتب هاتان القاعدتان فى لغة البرولوج كالتالى :

$\text{member} (A, [A \_])$ .

$\text{member} (A, [_ | Y]) : - \text{member} (A, Y)$ .

ففى القاعدة (أو الحقيقة) الأولى نعرف أن المسند (member) يتحقق إذا كان العنصر (A) هو أول عنصر فى القائمة بغض النظر عن ذيل القائمة (وتعرف هذه بوضع العلامة (Underscore) (وتسمى مكان ذيل القائمة).

أما فى القاعدة الثانية فإن المسند (member) يتحقق إذا كان عنصرا فى ذيل القائمة بغض النظر عن رأس القائمة. وهذه القاعدة تسمى بالقاعدة التكرارية (Recursive) (والتي يتم توضيحها فيما بعد).

## ٦ - ٩ معام القطع للبحث المراجع

معام القطع (Cut Operator) هو من أهم المعاملات فى لغة البرولوج والذى يتحكم فى عملية البحث المراجع (Backtracking) ويمثل هذا المعامل بعلامة التعجب (!). وإستخدام هذا المعامل يعنى للبرولوج تخطى الإختيارات السابقة للإختيار الذى يوجد به معام القطع (!) وذلك عندما تبدأ البرولوج فى عملية البحث المراجع. وهذا المعامل يستخدم لزيادة سرعة البرنامج وتقليل المساحة المستخدمة من الذاكرة وكذلك منع البرولوج من إعطاء عدد كبير أو لانهاى من الحلول.

ولتوضيح تأثير هذا المعامل نأخذ المثال التالى :

باستخدام القاعدتين السابقتين للدالة (member) والإستفسار بالسؤال التالى :

$\text{member} (X, [a, b, c, d, e,])$  ؟

يرد البرولوج بالتالى :

$X = a$

$X = b$

$X = c$

$X = d$

$X = e$

## لغة برولوج

وللحد من هذا العدد الكبير من الحلول نستخدم معامل القطع فى قاعدتى تعريف الدالة ( member ) كالتالى :

$\text{member} (X, [X \mid \_]) : - !.$

$\text{member} (X, [\_ \mid Y]) : - \text{member} (X, Y).$

فى هذه الحالة عند الإستفسار بالسؤال

$\text{member} (X, [a, b, c, d, e, \_]) ?$

يكون الرد كالتالى :

$x = a$

ففى هذه الحالة عند تحقيق القاعدة الأولى يعرف البرولوج مكان معامل القطع ، وبالتالي عندما يبدأ فى البحث الراجع أوتوماتيكيا يتوقف عند مكان معامل القطع ، وهذا يعنى أن القاعدة الثانية ستنفذ مرة واحدة فقط.

## ٧ - ٩ كتابة البرامج

يتكون برنامج البرولوج من ثلاثة أجزاء هى الحقائق ( Facts ) والقواعد ( Rules ) والإستفسارات ( Queries ). ويمكن ألا يحتوى البرنامج على الإستفسارات حيث يمكن السؤال عنها فيما بعد عند تنفيذ البرنامج. والأمثلة التالية توضح كيفية كتابة البرامج فى لغة برولوج.

### المثال الاول

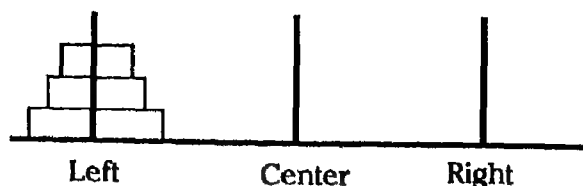
وفيه نرى كيفية كتابة برنامج ليحل المسألة التى تسمى بلعبة برج هانوى ( Tower of Hanoi ). وهى عبارة عن ثلاثة أعمدة ( left , center, right ) يرمز لها بالرموز ( A, B, C ) على الترتيب يحتوى أحدها على عدد من الأقراص المختلفة القطر بحيث يأتى الأصغر قطرا فوق الأكبر قطرا ، كما يتضح من الشكل ( ٩ - ١ )

والمطلوب هو نقل هذه الأقراص بنفس الترتيب إلى أحد الأعمدة الأخرى ( right مثلا ) بحيث يتم الإلتزام بالآتى :

١- نقل قرص واحد فى المرة الواحدة.

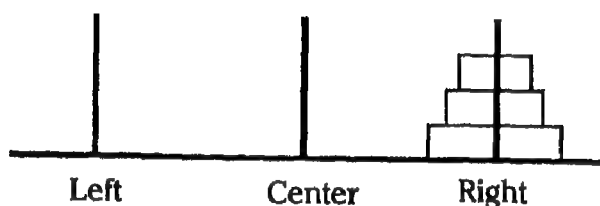
٢- لا يوضع قرص فوق آخر أصغر منه قطرا.

## لغة برولوج



شكل (١-٩)

أى ليصبح الوضع كما يتضح بالشكل (٢-٩)



شكل (٢-٩)

ولحل هذه المسألة باللفات العادية نحتاج إلى برنامج طويل جدا ولكن لخصائص البرولوج التكرارية فإن البرنامج المكتوب بواسطتها لا يتعدى السطور التالية :

move ( ٠ , - , - , - ) : - ! .

move (I, A, B, C )

M is I - 1,

move (M, A, C, B, ),

show ( A, B, ),

move (M, C, B, A, ).

show (X, Y) : -

print ( ' Move the disk on ' , X , ' to ' , Y),

n1 . % n1 indicates a new line.

hanoi (I) : - move (I, left , center , right).

ففى القاعدة الأولى نوضح للبرولوج أن عملية نقل الأقراص تتوقف عندما يصبح عدد الأقراص صفرا ( ٠ ). والقاعدة الثانية هى القاعدة التى تقوم بتنفيذ عملية النقل وهى مبنية على الإستراتيجية التالية :

## لغة برولوج

- ١-حرك عدد ( 1 - n ) قرص من ( left ) إلى ( center ).
- ٢-حرك عدد ( واحد ) قرص من ( left ) إلى ( right ).
- ٣-حرك عدد ( 1 - n ) قرص من ( enter ) إلى ( right ).

ثم يتم تكرار هذه الخطوات الثلاث على ( 1 - n ) قرص الموجودة في العمود ( A ).

أما القاعدة الثالثة فهي تعريف للمسند ( show ) الذي يقوم بعرض خطوات الحل عن طريق أمر ( PRINT ). وفي هذه القاعدة نرى الجملة ( n1 indicates a new line % ) وهي عبارة عن تعليق ( comment ) وهو يكون مسبقاً بعلامة النسبة المئوية ( % ).

أما القاعدة الرابعة ( I ) hanoi فهي القاعدة التي تستدعي القواعد السابقة للقيام بحل المشكلة لأي عدد من الأقراص ( I ) لنقلها من العمود ( Left ) إلى العمود ( Right ) بالشروط المطلوبة.

فمثلاً إذا أردنا الحل لثلاثة أقراص نقوم بكتابة السؤال التالي :

hanoi (3) ?

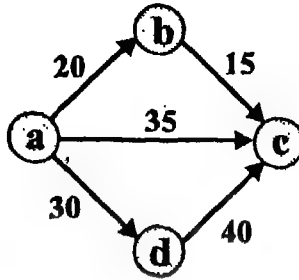
فيرد البرولوج بالخطوات التالية والتي تؤدي للحل :

move the disk on left to right  
move the disk on left to center  
move the disk on right to center  
move the disk on left to right  
move the disk on center to left  
move the disk on center to right  
move the disk on left to right

## المثال الثاني

نريد كتابة برنامج برولوج يقوم بحساب المسارات الممكنة بين أي عقدتين في الشبكة التالية :

## لغة برولوج



ولتنفيذ ذلك نختار المسند ( Link ) ليمثل الرابطة بين أي عقليتين والقيمة (أو المسافة) بينهما. فعلى سبيل المثال العلاقة بين ( a , b ) تمثل بالحقيقة link ( a, b, 20 ). لاحظ أنه يوجد أكثر من مسار من (a) إلى (c).

والبرنامج الذي يحل هذه المسألة يكون كالتالي :

link (a, b, 20).

link (a, c, 35).

link (a, b, 30).

link (b, c, 15).

link (d, c, 40).

dist (X, Y, D ) :- link (X, Y, D).

dist (X, Y, D ):- link (X, Y, D1 ) , link (z, y, D2)

D is D1 +D2.

بعد ذلك يمكن إجراء الإستفسارات التالية :

أ- إذا أردنا معرفة المسافة بين العقليتين ( a ) و ( b ) ، فإننا نسأل :

dist (a, b, X) ?

فيرد البرولوج

X= 20

ب- إذا أردنا أن نعرف ماهي العقد المتصلة بالعقدة ( a ) بمسافة (٢٠) ، فإننا نسأل :

dist (a, X, 20) ?

فيرد البرولوج

## لغة برولوج

$$X = b$$

جـ - إذا أردنا أن نعرف ماهى العقد المتصلة بالعقدة ( a ) وماهى المسافة بينهما ، نسأل :  
dist ( a, X, D ) ?

فيرد البرولوج

$$X = b , \quad D = 20$$

$$X = c , \quad D = 35$$

$$X = d , \quad D = 30$$

$$X = c , \quad D = 35$$

$$X = c , \quad D = 70$$

د - لتوضيح النتيجة السابقة نكتب السؤال التالى :

$$\text{dist} ( a, c, D ) ?$$

فيرد البرولوج

$$D = 35$$

$$D = 35$$

$$D = 70$$

ويلاحظ أنه يوجد ثلاثة قيم للمتغير ( D ) وذلك لأنه يوجد ثلاثة مسارات من ( a ) إلى ( c ) وهم :

المسار الأول : من ( a ) إلى ( c ) مباشرة وقيمته ( 35 ) .

المسار الثانى : من ( a ) إلى ( b ) ثم إلى ( c ) وقيمته ( 20 + 15 = 35 )

المسار الثالث : من ( a ) إلى ( d ) ثم إلى ( c ) وقيمته ( 30 + 40 = 70 )

هـ - إذا أردنا معرفة جميع المسارات الممكنة فإننا نسأل :

$$\text{dist} ( X , Y, D ) ?$$

فيرد البرولوج

$$X = a, Y = b, \quad D = 20$$

$$X = a, \quad Y = c, D = 35$$

$$X = a, \quad Y = d, D = 30$$

$$X = b, \quad Y = c, D = 15$$

$$X = d, Y = c, D = 40$$

$$X = a, Y = c, D = 35$$



## لغة برولوج

$$X = a, Y = c, D = 70$$

من هذين المثالين تتضح لنا الخصائص الهائلة للغة البرولوج فى معالجة الرموز ( Symbol Processing ) والتي تمثل إحدى دعائم مجال الذكاء الاصطناعى ، وكذلك الخصائص التي تتميز بها لبناء قواعد المعرفة ( Knowledge Bases ) وتوفير طرق البحث داخلها.



٤

الجزء الرابع



النظم الخبيرة



## مقدمة

تعرضنا في الجزء الأول إلى علم الذكاء الاصطناعي كأحد علوم الحاسب التي تهتم بإنشاء برمجيات ومكونات مادية قادرة على محاكاة السلوك البشري. ثم تعرضنا في الجزء الثاني إلى علم هندسة المعرفة باعتباره فن استخدام المبادئ ( Principles ) والأدوات ( Tools ) الخاصة بأبحاث الذكاء الاصطناعي لحل مشاكل التطبيقات الصعبة التي تحتاج لمعلومات الخبراء ( Experts ) لحلها. وفي هذا الجزء نتعرف على النظم الخبيرة باعتبارها أحد أهم تطبيقات علمي الذكاء الاصطناعي وهندسة المعرفة.

والنظام الخبير هو عبارة عن مجموعة من البرامج التي تقوم بحل المشاكل والمسائل في المجال المطلوب إنشاء النظام الخبير له. ويلاحظ أنه يطلق عليه نظام ( System ) وليس مجرد برنامج لأنه يشتمل على مكونات حل المشكلة ومكونات أخرى مدعمة للحل. وهذه المكونات الأخرى تشكل محيط الدعم والذي يساعد المستخدم على التفاعل مع النظام. ويمكن أن يتضمن وسائل مساعدة على درجة عالية من التعقيد لكشف الأعطال ومساعدة القائمين ببناء النظام الخبير على اختبار وتقييم كود البرمجة المستخدم والإمكانيات التي تسهل التعامل مع المستخدم أثناء تحرير البرامج. كما تساعد على تعديل المعرفة بالنظام الخبير بالإضافة والحذف وكذلك استخدام الوسائل التي تساعد على إدخال واسترجاع المعلومات والمعارف بتلقائية ويسر عند تشغيل النظام.

ويشارك في بناء وتكوين النظام الخبير مجموعة من العناصر تشمل خبير المجال ( Domain Expert )، ومهندس المعرفة ( Knowledge Expert )، وأداة بناء النظام الخبير ( Expert-System Building Tool ) والنظام الخبير نفسه، ومستخدم النظام الخبير، وأخيرا طاقم إدخال البيانات والمعلومات إلى النظام الخبير ( Clerical Staff ).

وخبير المجال ( Domain Expert ) هو شخص واسع المعرفة وذو سمعة بارزة وواضحة في إعطاء حلول عملية وجيدة للمشاكل في مجاله. ويمكن استخدام خبير أو أكثر في المجال بالإضافة إلى أنه يمكن إضافة المعرفة من مصادر أخرى مثل الكتب والمراجع والدوريات والمجلات المتخصصة وخلافه.

أما مهندس المعرفة ( Knowledge Engineer ) فهو شخص لديه خلفية ودراية بعلم الحاسبات والذكاء الاصطناعي، ويعرف جيدا كيف يتم بناء النظم الخبيرة. ويقوم مهندس المعرفة باستجواب

الخبير تفصيلاً واستخلاص حصيلة المعارف المتراكمة لديه وترشيحها وتنظيمها وتحديد الأسلوب الأمثل لتمثيلها في نظام الخبرة ، كما يمكنه مساعدة القائمين بكتابة البرامج التي تكون نظام الخبرة .

أما أداة ووسيلة بناء النظام الخبير ( Expert-system Building Tool ) ، فهي عبارة عن لغة البرمجة التي يستخدمها مهندسو المعرفة والمبرمجون لبناء النظام الخبير . وهذه الأدوات والوسائل تختلف عن لغات البرمجة التقليدية ، مثل بيزك وفورتران وباسكال ، والتي تعتبر لغات إجرائية ( Procedural ) في التكوين تحتم على المبرمج أن يكتب خطوات حل المسألة أو المشكلة خطوة خطوة ( Step-by-step ) ، وعلى الحاسب إتباعها بكل تفاصيلها . أما أدوات بناء النظام الخبير فتستخدم أسلوباً يعتمد على إعلان ( Declaration ) العلاقات والقواعد التي تربط بين المتغيرات ، والتي تناسب في تركيبها مجموعة التطبيقات التي تعتمد على الخبرة المتراكمة ، ولذلك فهي أقرب إلى الطريقة الذكية التي يفكر بها الإنسان .

ويتكون هذا الجزء من ثلاثة فصول حيث يلقي الفصل الأول نظرة عامة على النظم الخبيرة تشمل نبذة تاريخية عنها والمقومات الأساسية لها والعناصر الأساسية في بناء النظام الخبير والخصائص الرئيسية له والفروق الأساسية بين النظام الخبير والبرامج النمطية والأنشطة الأساسية للنظم الخبيرة وأهم مجالات تطبيقها كما يوضح مراحل المختلفة لتنفيذ ذلك كما يوضح كيفية إعداد فريق الثانى إلى بناء النظام الخبير ويوضح المراحل المختلفة لتنفيذ ذلك كما يوضح كيفية إعداد فريق التطوير واختيار أداة بناء النظام الخبير وينتهى هذا الفصل بتقديم مثال لسيناريو بناء نظام خبير . وينتقل الفصل الثالث إلى تقديم أمثلة عملية للنظم الخبيرة في المجالات المختلفة التي تشمل الطب والهندسة والزراعة والجيولوجيا والصناعة والإلكترونيات والقانون ونظم الحاسب والفيزياء وتكنولوجيا الفضاء والكيمياء والمجال الحربى .

## الفصل العاشر

### نظرة عامة على النظم الخبيرة





## ١ - ١٠ نبذة تاريخية

النظم الخبيرة هي محصلة ما يقرب من عشرين عاما من العمل الدءوب لعلماء الذكاء الاصطناعى لتصميم برامج حاسبات تستطيع بأسلوب ما أن تحل المشاكل المعقدة التى يعتبر حلها سلوكا ذكيا إذا ما تم ذلك بواسطة الانسان. وقد بدأ ذلك فى الواقع فى أواخر الخمسينات. ويوضح شكل ( ١٠ - ١ ) مراحل التطور التاريخى للنظم الخبيرة خلال هذه الفترة. ففي الستينات ، حاول علماء الذكاء الاصطناعى محاكاة العملية المعقدة للتفكير لدى الإنسان وذلك بايجاد أساليب ووسائل عامة لحل مشكلة ذات نطاق واسع وكبير ( Broad Class ) وتم استخدام هذه الأساليب فى برامج ذات أغراض عامة ومتعددة ( General-purpose Programs ). ورغم تحقيق بعض التقدم الملحوظ ، إلا أن هذه الإستراتيجية لم تؤد إلى أى نتائج بارزة. فتصميم برامج ذات أغراض عامة كان صعبا للغاية ولم يؤد إلى أى نتائج ايجابية. ولذلك قرر علماء الذكاء الاصطناعى أنه لابد أن يكون هناك وسيلة أخرى لجعل برامج الحاسب تتسم بالذكاء. ولذلك فقد تم التركيز بدلا من ذلك على تصميم طرق وتقنيات عامة تستخدم فى برامج أكثر تحديدا وخصوصية ( More Specialized Programs ).



شكل ( ١٠ - ١ )

لذلك تم التركيز خلال السبعينات على تقنيات مثل التمثيل ( Representation ) بمعنى كيفية تمثيل المشكلة ووضعها فى اطار يسهل معه حلها، والبحث ( Search ) بمعنى كيفية التحكم بمهارة فى البحث عن حل مما يؤدى بالتالى إلى عدم استخدام ساعات كبيرة من ذاكرة الحاسب. ومرة أخرى ، لم تسفر هذه الإستراتيجية عن أى تقدم أو نجاح بارز. وفى أواخر السبعينات بدأ علماء الذكاء الاصطناعى

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

فى التحقق من أن قوة البرنامج وذكاءه فى حل المسائل تأتى أساسا من المعرفة ( Knowledge ) التى يحتوئها ، وليس من مجرد أساليب التمثيل والبحث والإستدلال التى يستخدمها. وأدى ذلك إلى تحقيق نجاح كبير فى جعل برنامج الحاسب يتصرف بالذكاء عن طريق تزويده بكمية من المعرفة ذات نوعية متفوقة فى مجال محدد ومتخصص. وبذلك بدأ إنتاج برامج حاسبات ذات أغراض خاصة ( Special-Purposes ) وخبيرة فى مجالات محددة وضيقة. وأطلق على هذه النوعية من البرامج اسم " النظم الخبيرة " ( Expert Systems ) ، وبدأ مجال جديد من مجالات الذكاء الإصطناعى يتطور وينتشر بسرعة كبيرة فى معظم أوجه الحياة العملية.

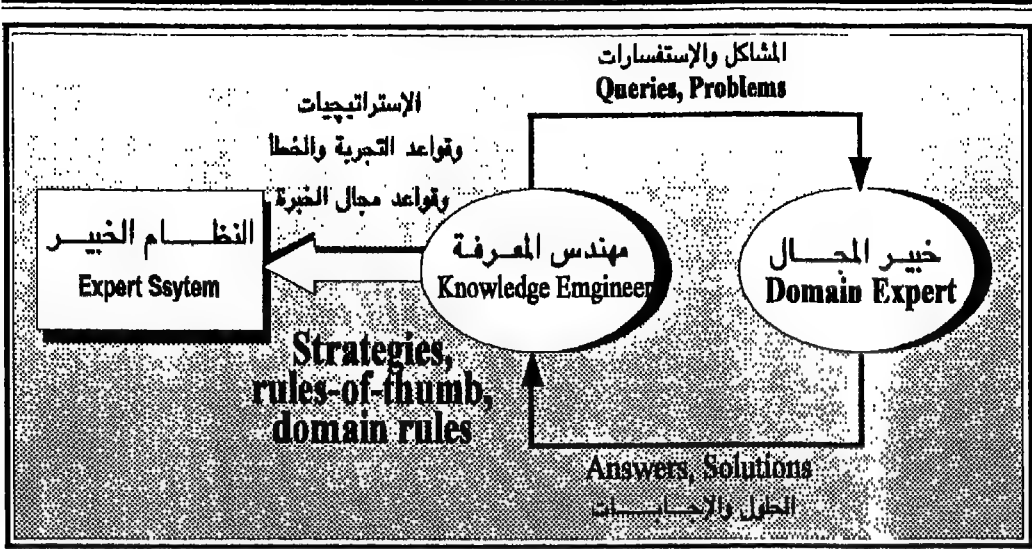
### ١٠ - ٢ هندسة المعرفة ( Knowledge Engineering )

يطلق عادة على عملية بناء النظام الخبير اسم " هندسة المعرفة " وتشمل هذه العملية عادة شكلا خاصا من الحوار بين المسئول عن بناء النظام الخبير ( Expert System Builder ) والذى يطلق عليه اسم " مهندس المعرفة " ( Knowledge Engineer ) ، وواحد أو أكثر من الخبراء فى أحد المجالات التى سيتعرض البرنامج الخبير لحل مشاكلها. ويقوم مهندس المعرفة باستخلاص الإستراتيجيات والأساليب والقواعد التى يمارسها الخبير فى حل المشاكل المتعلقة بمجال خبرته والتى اكتسبها من تدريبه وممارسته العملية وتجاربه لسنوات طويلة فى هذا المجال. ثم يقوم مهندس المعرفة بوضع حصيلة ما تم استخلاصه من الخبير والذى يمثل المعرفة فى هذا المجال فى النظام الخبير الذى يقوم ببنائه ، ويوضح شكل ( ١٠ - ٢ ) عملية نقل معرفة الخبير إلى برنامج الحاسب الذى يقوم فيما بعد بحل المشاكل بنفس أسلوب وذكاء الخبير البشرى ( Human Expert ).

ولذلك فإن هندسة المعرفة تعتمد أساسا على دراسة الخبرة البشرية من أجل تصميم برامج تتسم بالذكاء والكفاءة. ونظرا لأن الخبير هو محور استخلاص المعرفة المتراكمة واللازمة لبناء النظم الخبيرة فإنه من الضرورى التعرض لمعنى كلمة "خبير" والذى يتلخص فيما يلى :

" الخبير هو شخص قادر على عمل أشياء فى مجال معين لا يستطيع غيره أداءها وذلك نتيجة لتدريبه وخبرته الناجمة عن ممارسته الشخصية فى هذا المجال ". والخبراء ليسوا فقط محترفين ولكن عملهم وأسلوبهم يتسم بالسلاسة والفعالية. والخبراء يعرفون أشياء كثيرة فى مجال خبرتهم ولديهم الحيل والبراعة اللازمة لتوضيح أى غموض أو لبس للمشاكل التى يواجهونها والمهام الموكلة إليهم ، ولديهم البراعة اللازمة للخوض خلال المشكلة التى يواجهونها والوصول إلى لبها والنقاط الأساسية اللازمة لحلها. ويرجع الأساس فى تصرف الخبراء بهذا الأسلوب إلى ما لديهم من معرفة فعالة ومؤثرة وهو ما نطلق عليه لفظ " خبرة " .

## نظرة عامة على النظم الخبيرة



شكل ( ١٠ - ٢ )

ولذلك فمن المنطقي عند بناء أى نظام خبير فى مجال معين ، أن يكون الخبراء فى هذا المجال هم الذين يتم سؤالهم والحوار معهم وذلك لتمثيل الخبرة والمعرفة لديهم والتي تمكنهم من التصرف ببراعة وفعالية ، ثم ترشيح هذه الخبرات وتخزينها وصيانتها وزيادة إستغلالها حتى لاتظل حبيسة الأذهان وعرضة للتبدد والضياع.

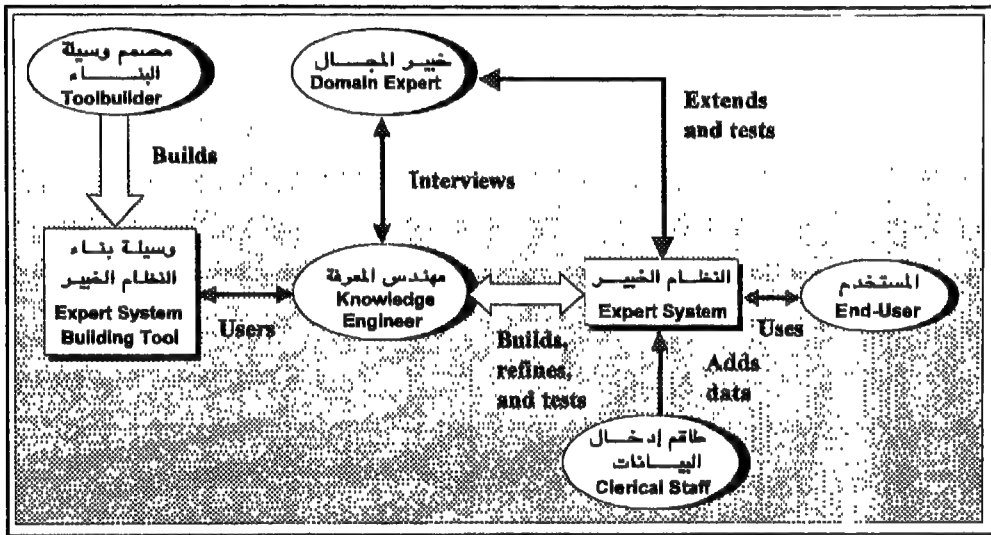
## ١٠ - ٣ المقومات الأساسية للنظم الخبيرة

يجب أن تتوفر فى النظم الخبيرة أربعة مقومات أساسية وهى :

- ١ - وسيلة لاكتساب المعرفة ( Knowledge Acquisition ) وترشيحها وذلك من مصادرها البشرية والمادية وهى المهمة التى يقوم بها أساسا مهندسو المعرفة ، وذلك من خلال إستجوابهم المفصل للخبراء وحوارهم معهم وتحليلهم الدقيق لمصادر معلوماتهم وعلمهم ، وتمحيصهم الهادف للحالات التى يمكن منها إستغلال هذه الخبرة وتطبيقها.
- ب - تمثيل مجموعة المعارف والعلاقات التى تربط بينها بصورة يسهل معها تخزينها واسترجاعها وتحديثها بالإضافة والحذف والتعديل وذلك على هيئة قاعدة للمعرفة ( Knowledge Base ).
- ج - توفير وسائل آلية للإستدلال واستنتاج واستخلاص المعارف وتطبيقها لحل المشاكل والمسائل المختلفة وتفسير الظواهر آليا.
- د - توفير الوسيلة التلقائية التى يمكن من خلالها استغلال مضمون قاعدة المعرفة فى حل المشاكل والمسائل والإجابة على الأسئلة التى تعرض عليها بالإضافة إلى تفسير أسباب هذه الحلول والإجابات عند طلب ذلك.

## ١٠ - ٤ العناصر الأساسية في بناء النظام الخبير

يوضح شكل (١٠-٣) أهم المشتركين في بناء وإنشاء أى نظام خبير والذي يشمل خبير المجال (Domain Expert) ، ومهندس المعرفة (Knowledge Expert) ، وأداة بناء النظام الخبير (Expert-System Building Tool) والنظام الخبير نفسه ، ومستخدم النظام الخبير ، وأخيرا طاقم إدخال البيانات والمعلومات إلى النظام الخبير (Clerical Staff). كما يوضح الشكل أيضا العلاقة بين كل مشترك وآخر ودوره الأساسي أثناء بناء النظام الخبير.



شكل (١٠-٣)

والنظام الخبير هو عبارة عن مجموعة من البرامج التي تقوم بحل المشاكل والمسائل فى المجال المطلوب انشاء النظام الخبير له. ويلاحظ أنه يطلق عليه نظام (System) وليس مجرد برنامج (Program) لأنه يشتمل على مكونات حل المشكلة (Problem Solving Components) ، ومكونات أخرى مدعمة (Support Components).

وهذه المكونات الأخرى تشكل محيط الدعم (Support Environment) والذي يساعد المستخدم على التفاعل مع البرنامج الأساسى. ويمكن أن يتضمن وسائل مساعدة على درجة عالية من التعقيد لكشف الأعطال ومساعدة القائمين ببناء النظام الخبير على اختبار وتقييم كود البرمجة المستخدم (Program Code) ، والإمكانات التي تسهل التعامل مع المستخدم (User Friendly)

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

أثناء تحرير البرامج ، وتساعد على تعديل المعرفة بالنظام الخبير بالإضافة والحذف واستخدام الوسائل التي تساعد على إدخال واسترجاع المعلومات والمعارف بتلقائية ويسر عند تشغيل النظام.

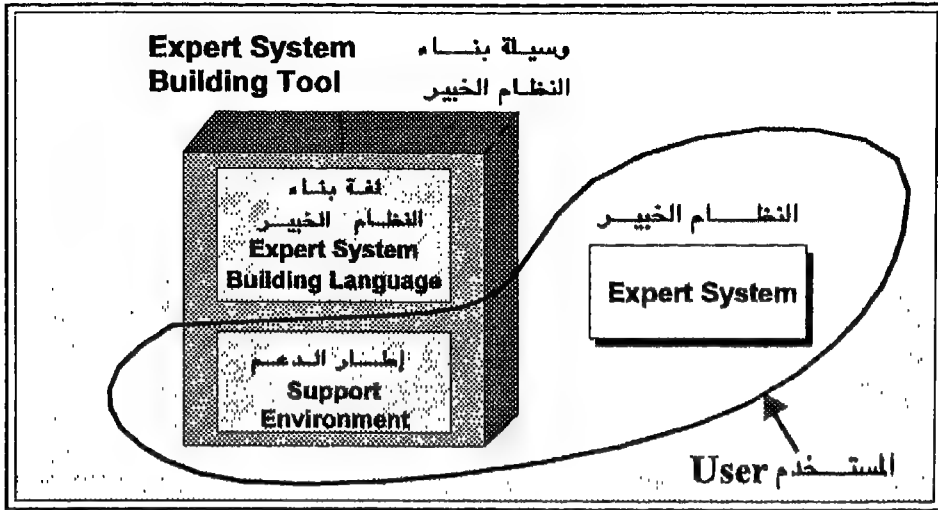
وخبير المجال ( Domain Expert ) هو شخص واسع المعرفة وذو سمعة بارزة وواضحة في إعطاء حلول عملية وجيدة للمشاكل في مجاله. ويمكن استخدام خبير أو أكثر في المجال بالإضافة إلى أنه يمكن إضافة المعرفة من مصادر أخرى مثل الكتب والمراجع والدوريات والمجلات المتخصصة وخلافه.

أما مهندس المعرفة ( Knowledge Engineer ) فهو شخص لديه خلفية ودراية بعلم الحاسبات والذكاء الاصطناعي ، ويعرف جيدا كيف يتم بناء النظم الخبيرة. ويقوم مهندس المعرفة باستجواب الخبير تفصيلا واستخلاص حصيلة المعارف المتراكمة لديه وترشيحها وتنظيمها وتحديد الأسلوب الأمثل لتمثيلها في نظام الخبرة ، كما يمكنه مساعدة القائمين بكتابة البرامج التي تكون نظام الخبرة.

أما أداة ووسيلة بناء النظام الخبير ( Expert-system Building Tool ) ، فهي عبارة عن لغة البرمجة التي يستخدمها مهندسو المعرفة والمبرمجون لبناء النظام الخبير. وهذه الأدوات والوسائل تختلف عن لغات البرمجة التقليدية ، مثل بيزك وفورتران وباسكال ، والتي تعتبر لغات إجرائية ( Procedural ) في التكوين تحتم على المبرمج أن يكتب خطوات حل المسألة أو المشكلة خطوة خطوة ( Step-by-step ) ، وعلى الحاسب إتباعها بكل تفاصيلها. أما أدوات بناء النظام الخبير فتستخدم أسلوبا يعتمد على إعلان ( Declaration ) العلاقات والقواعد التي تربط بين المتغيرات ، والتي تناسب في تركيبها مجموعة التطبيقات التي تعتمد على الخبرة المتراكمة ، ولذلك فهي أقرب إلى الطريقة الذكية التي يفكر بها الإنسان.

وتجدر الإشارة هنا إلى أهمية التفرقة بين الوسيلة أو الأداة التي تستخدم لبناء النظام الخبير ، والنظام الخبير نفسه ويوضح شكل ( ١٠ - ٤ ) الفرق بينهما. فوسيلة بناء النظام الخبير تحتوي على اللغة المستخدمة في تمثيل المعرفة والاستدلال عليها بالإضافة إلى محيط من إطار الدعم ( Support Environment ) ، وهي مجموعة البرامج التي تقوم بمساعدة المستخدمين للنظام على التفاعل والحوار بتلقائية مع النظام الخبير وذلك لحل المشكلة أو المسألة المعروضة عليه. كما أن البرامج التي تمثل محيط الدعم تعتبر جزءا من النظام الخبير ، وذلك لأن المستخدم يستخدمها في إستفساراته واستخداماته للنظام الخبير بعد بنائه. ومن هنا يظهر الارتباك والتشوش الذي يؤدي إلى عدم التفرقة بينهما في بعض الأحيان والذي يقع فيه حتى بعض علماء الحاسب.

## نظرة عامة على النظم الخبيرة



شكل ( ١٠ - ٤ )

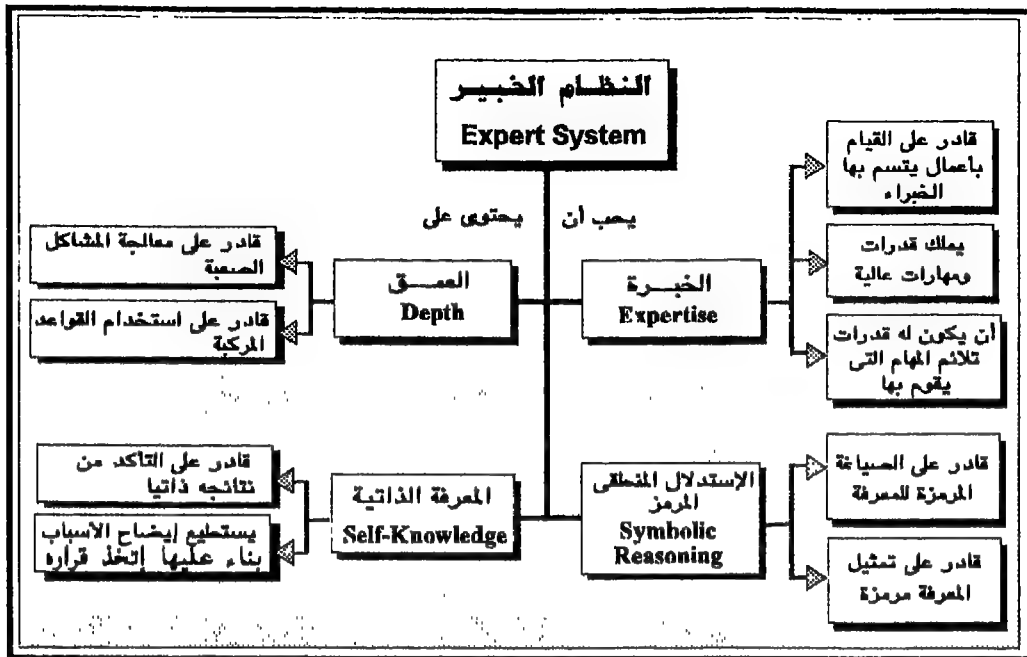
والمستخدم ، هو بطبيعة الحال الشخص أو مجموعة الأشخاص أو الجهة التي تقوم باستخدام النظام الخبير بعد بنائه ، والذي تم عمله أساسا من أجلهم. وطبقا لطبيعة المجال الخاص بالنظام الخبير فإن المستخدم يمكن أن يكون أحد العلماء الذي يقوم بأبحاث في علم طبقات الأرض مثلا ، أو أحد المحامين الذي يقوم باستخدامه لكشف غموض قضية معينة ومساعدته في الدفاع عن موكله بشأنها ، أو طالبا يقوم باستخدامه للتعلم في مجال الكيمياء العضوية مثلا ... وهكذا.

أما طاقم إدخال البيانات فمهمته تنحصر في إدخال البيانات والمعلومات والحقائق والمعارف المطلوب تخزينها في النظام الخبير طبقا للأسلوب والإستراتيجية التي يضعها مهندس المعرفة ، أو القائم ببناء النظام الخبير.

## ١٠ - ٥ الخصائص الأساسية للنظام الخبير

اتفق علماء الذكاء الاصطناعي على رؤية محددة للنظام الخبير ، وقد تم وضع خصائص معينة لا بد أن تتوفر في النظام الخبير وذلك حتى يتضح الفرق بينه وبين برامج الحاسب النمطية المتعارف عليها. ويوضح شكل ( ١٠ - ٥ ) هذه الخصائص الأساسية والتي تشمل الخبرة ، والإستدلال المنطقي المرمز ، والعمق ، والمعرفة الذاتية.

## نظرة عامة على النظم الخبيرة



شكل ( ١٠ - ٥ )

### ١٠ - ٥ - ١ الخبرة ( Expertise )

لابد أن يعمل النظام الخبير بكفاءة ، بمعنى أن يحقق نفس مستوى الأداء الذى يحققه الخبير البشرى فى مجال التطبيق المطلوب ولذلك فمجرد تحقيق نتائج جيدة ليس كافيا . فالخبراء الحقيقيون لا يحققون حلولاً جيدة فقط ، ولكن دائماً يصلون إلى هذه الحلول والنتائج بسرعة وكفاءة ، بخلاف المبتدئين الذين يمكن أن يصلوا إلى نفس الحلول والنتائج بعد فترات أطول بكثير . ولذلك فمن صفات النظام الخبير أن يكون كفاء ( Skillful ) ، بمعنى أن يكون قادراً على تطبيق معارفه بفعالية مستخدماً الحيل والطرق المختصرة ( Short Cuts ) بنفس الأسلوب الذى يستخدمه الخبير البشرى نتيجة لخبرته فى حذف الحسابات والإفتراسات الغير ضرورية والتي تعتبر إهداراً للوقت . ولكى يحاكي النظام الخبير أداء الخبير البشرى بصدق لابد أن يتميز بصدق أداء الخبير البشرى ولا بد أن يتميز بالنشاط والقوة . وذلك يعنى وجود سعة فى الأفق بالإضافة إلى العمق فى المعرفة . ويمكن تحقيق ذلك باستخدام المعرفة العامة ( General Knowledge ) ، وطرق حل المسائل ( Problem-Solving methods ) عن طريق الاستدلال المنطقى باستخدام الأسس الأولية عندما يكون هناك بيانات خاطئة وقواعد وظواهر غير كاملة .

## ١٠ - ٥ - ٢ الإستنتاج المنطقي المرمز ( Symbolic Reasoning )

عندما يقوم أى خبير من البشر بحل مسائل ومشاكل من تلك النوعية المناسبة للنظم الخبيرة ، فإنه لايقوم بذلك بواسطة حل مجموعة من المعادلات أو القيام بعمل مجموعة من الحسابات الرياضية التى تستلزم جهدا كبيرا. ولكن بدلا من ذلك يقوم الخبير باختيار مجموعة من الرموز ( Symbols ) لتمثيل المفاهيم والمقومات التى تخص المسألة أو المشكلة ، ثم يقوم بتطبيق العديد من الإستراتيجيات المختلفة والقيام بالتجريب لمعالجة هذه المقومات والمفاهيم. ولذلك فالنظام الخبير يقوم أيضا بتمثيل المعرفة رمزيا ( Symbolically ). وفى مجالات الذكاء الاصطناعى يعرف الرمز ( Symbol ) بأنه سلسلة ( String ) من الحروف والأرقام تمثل مفاهيم العالم الحقيقى ( Real-World Concept ). وكمثال لهذه الرموز:

Product

Defendant

0.8

وهذه الرموز يمكن مزجها للتعبير عن العلاقات فيما بينها. وعندما يتم تمثيل هذه العلاقة فى برنامج ذكاء اصطناعى ، فإنه يطلق عليها " التركيب الرمضى " ( Symbolic Structure ). ويمثل الآتى أمثلة للتركييب الرمزية :

(DEFECTIVE product )

(LEASED-BY product defendant )

(EQUAL LIABILITY defendant ) 0.8 )

وهذه التراكيب يمكن أن تفسر كآلاتى :

" the product is defective "

أى أن " المنتج معيب "

" the product is leased by the defendant "

أى أن " المنتج مؤجر بواسطة المدعى عليه "

" the liability of the defendant is 0.8 "

أى أن " المسئولية القانونية للمدعى عليه هى ٠,٨ "



## نظرة عامة على النظم الخبيرة

ولكى يتم حل مسألة ما ، فإن النظام الخبير يقوم بمعالجة هذه الرموز بدلا من القيام بالحسابات الرياضية القياسية. وهذا لا يعنى أن النظم الخبيرة لا تقوم بإجراء الحسابات الرياضية ، ولكن التركيز فيها يكون على معالجة الرموز. ويترتب على ذلك أهمية اختيار الشكل والأسلوب للرموز التى يتم بها تمثيل المعرفة فى النظام الخبير.

### ١٠ - ٥ - ٢ العمق ( Depth )

يتميز النظام الخبير بالعمق ، بمعنى أنه يعمل بفاعلية وكفاءة فى مجال تطبيق دقيق ومحدود يتسم بالصعوبة والتحدى. والنظم الخبيرة تستخدم عادة فى مجالات تتصل بمشاكل واقعية وحقيقية وليس فيما يطلق عليه علماء الذكاء الاصطناعى " مجالات دميوية " ( Toy Domains ) ، والذى يعنى تبسيط المشكلة المراد حلها تبسيطا شديدا مما لا يحقق أى تطابق واقعى وحقيقى لمشاكل العالم الحقيقى ( Real-World ) والمنشأ من أجله النظام الخبير. ولذلك فإن تعريف واختيار اطار المشكلة المراد استخدام النظام الخبير لحلها يعتبر عاملا رئيسيا فى نجاح النظام الخبير. ولذلك لابد من مراعاة الإهتمام بأساليب وطرق تمثيل المعرفة وتنظيمها وعدم تبسيط حيز البحث ( Search Space ) عن الحلول ، سواء كانت مرحلية ( Intermediate ) أو نهائية ( Final ).

### ١٠ - ٥ - ٤ المعرفة الذاتية ( Self-Knowledge )

النظام الخبير لابد أن يحتوى على معارف تحقق له الإستدلال المنطقى عن عملياته التى يقوم بها بالإضافة الى بنية أساسية من المعرفة تحقق تبسيط هذا الإستدلال. والغرض من ذلك بالطبع هو اختبار النظام الخبير لمدى دقة وإنسجام ومعقولية النتيجة التى توصل إليها ، بل يتجاوز ذلك الى إستنباط الحجج والبراهين التى تعضد وتشرح الإستدلال المنطقى الذى أدى إلى النتيجة التى توصل إليها. ومثل هذه النوعية من المعرفة يطلق عليها المعرفة عن المعرفة ( Metaknowledge ) ، أو كما يطلق عليها فى كثير من الأحيان اسم " المعرفة الذاتية " .

ومعظم النظم الخبيرة لديها ما يسمى " بإمكانية الشرح والتوضيح " ، وهذه الإمكانية تشمل المعرفة اللازمة لشرح كيف توصل النظام إلى النتائج والإجابات الخاصة بالمشكلة أو المسألة المعروضة عليه. ومعظم هذه الشروح تشمل عرضا لسلسلة الإستنتاجات وشرحا للأساس المنطقى وراء كل قاعدة تم استخدامها فى ذلك. وتعتبر قدرة النظام الخبير على شرح وتوضيح العمليات التى يقوم بها وأساسها المنطقى إحدى السمات البارزة له وذلك للأسباب التالية :

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

- ☐ زيادة ثقة المستخدم فى النتائج التى يتم التوصل إليها مما يؤدي إلى زيادة الاعتمادية على النظام الخبير.
- ☐ سرعة بناء النظام بسهولة كشف أى أعطال به أثناء إنشائه.
- ☐ وضوح جميع الافتراضات التى تحكم تشغيل النظام.
- ☐ سهولة اختبار والتنبؤ بتأثير أى تغيير على عمله.

## ١٠ - ٦ الفروق الأساسية بين النظام الخبير والبرامج النمطية

يتركز الفرق الأساسى بين نظام خبير وأى برنامج نمطى فى وسائل المعالجة لكل منها. فالنظام الخبير يقوم بمعالجة المعرفة، أما البرامج النمطية ( Conventional Programs ) فتقوم بمعالجة البيانات والمعلومات. ويوضح الجدول التالى الفرق بين معالجة البيانات والمعلومات ومعالجة المعرفة.

م	معالجة البيانات	معالجة المعرفة
١	تمثيل واستخدام البيانات والمعلومات	تمثيل واستخدام المعرفة
٢	خوارزمى ( Algorithmic )	حدسى ( Heuristic )
٣	عملية تكرارية ( Repetitive Process )	عملية إستدلالية ( Inferential Process )
٤	معالجة فعالة لقواعد بيانات	معالجة فعالة لقواعد معرفة ضخمة

## ١٠ - ٧ الأنشطة الأساسية للنظم الخبيرة

يتم بناء النظم الخبيرة لحل أنواع مختلفة من المشاكل والقيام بالعديد من الأنشطة المختلفة. ويمكن تجميع هذه الأنشطة فى فئات متنوعة تتلخص فيما يلى :

### ١ - التفسير ( Interpretation )

ويتعرض أساسا لوصف المواقف المستنتجة من بيانات مجمعة بواسطة وسائل رصد البيانات المختلفة ( Sensor data ) وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام يقوم بالتفسير مثل نظام ( SPE ) ما يلى :

IF : The tracing pattern is "asymmetric gamma"  
and the gamma quantity is normal (correlated with age)  
THEN : The concentration of gammaglobulin is within  
the normal range.

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

ونظام ( SPE ) يقوم بتفسير الموجات الصادرة من ماسح مقياس الكثافة للتفرقة بين الأسباب المختلفة لحالات الإلتهاب لدى المرضى. ونظم التفسير المختلفة يمكن أن تعالج أنواعا مختلفة من البيانات منها ماهو موجات صوتية أو أشكال أو صور مختلفة مثل صور الأشعة أو موجات كهرومغناطيسية أو مجالات مغناطيسية مختلفة أو موجات حرارية ... الخ.

## ٢ - التنبؤ ( Prediction )

حيث يقوم النظام الخبير باستنتاج النتائج المترتبة على مواقف معطاة ومشابهة لمواقف سابقة. وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بالتنبؤ مثل نظام ( PLANT/ed ) ما يلى :

**IF :**

- 1) The black Cutworm vs. leafstage table has been computed.
- 2) Whether there are greater than 4 weeds/foot of row is known,
- 3) The corn variety is known, and
- 4) The soil moisture in the field is known

**THEN :** Compute the corn yield without insecticide treatment and assign it the variable YIELD1

ونظام ( PLANT/ed ) يقوم بالتنبؤ بالخسائر التى تحدث فى محصول الذرة نتيجة حشرة سوداء اللون يطلق عليها اسم ( Black Cut-worm ). ونظم التنبؤ تتعدد طبقا للتطبيقات المتنوعة ، فمنها ما يقوم بالتنبؤ بمخزون البترول العالمى طبقا للدراسات الجيولوجية ، وآخر يقوم بالتنبؤ بآماكن المواجهة العسكرية المحتملة مستقبلا بناء على تقارير المخابرات وهكذا. وتستخدم نظم التنبؤ فى بعض الأحيان نماذج لمحاكاة الأنشطة الحقيقية والواقعية وذلك لخلق مواقف وسيناريوهات يمكن أن تحدث نتيجة بيانات ومعلومات معينة يتم تغذية النظام بها.

## ٣ - تشخيص الأعطال ( Diagnosis )

وهذه النظم تقوم بتشخيص الأعطال باستخدام الشواهد والمعلومات الخاصة بتصميم النظام وأسلوب عمله ووصف أدائه وخصائصه وذلك لاستنتاج الأسباب التى تؤدى إلى عطل النظام. وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بالتشخيص مثل نظام ( MYCIN ) ما يلى :

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

**IF :**

- 1) The stain of the organism is grampos, and
- 2) The morphology of the organism is coccus, and
- 3) The growth conformation of the organism is chains

**THEN :** There is suggestive evidence (0.7) that the identity of the organism is streptococcus.

ونظام ( MYCIN ) يقوم بتشخيص أعراض الإصابة البكتيرية لمرضى المستشفيات. وتستخدم هذه النوعية من النظم الخبيرة عادة كمستشار في المجال لا يقوم فقط بتشخيص الأعراض ولكن بوصف العلاج اللازم لها أيضا. ويعتبر مجال الطب أحد المجالات الحيوية التي تطبق بها هذه النوعية من الأنشطة.

### ٤ - التصميم ( Design )

وتقوم هذه النظم بتصميم الدوائر الإلكترونية ( Circuit Layout ) والمباني مع الالتزام بقيود التصميم وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة في نظام خبرة يقوم بأعمال التصميمات مثل نظام ( XCON ) ما يلي :

**IF :** The most current active context is assigning a power supply and an sbi module of any type has been put in a cabinet and the position it occupies in the cabinet (its nexus) is known and there is space available in the cabinet for power supply for that nexu and there is an available power supply

**THEN :** put the power supply in the cabinet in the available space.

وقد قام نظام ( XCON ) بالمساعدة في تصميم نظم الحاسبات من طراز ( VAX )

### ٥ - التخطيط ( Planning )

وتستخدم هذه النظم في التخطيط طويل وقصير الأجل في مجالات عديدة مثل إدارة المشاريع ، الاتصالات ، تطوير المنتجات ، الإقتصاد. وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة في نظام خبرة يقوم بأعمال التخطيط مثل نظام ( TART ) ما يلي :

## نظرة عامة على النظم الكبيرة

**IF :** The airfield does have exposed aircraft and the number of aircraft in the open at the airfield is greater than  $0.25 \times$  the total number of aircraft at that airfield.

**THEN :** Let EXCELLENT be the rating for aircraft at that airfield.

ونظام ( TART ) يقوم بالتخطيط لضرب القواعد الجوية المعادية

### ٦ - المراقبة ( Monitoring )

وفى هذه النظم يتم مقارنة الشواهد والنتائج الفعلية بما هو متوقع وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال المراقبة مثل نظام ( REACTOR ) ما يلى :

**IF :** The heat transfer form the primary coolant system to the secondary coolant system is inadequate and the feedwater flow is low

**THEN:** The accident is loss of feedwater.

ونظام ( REACTOR ) يقوم بمراقبة قراءات الأجهزة المختلفة لتقييم أداؤها وكشف ظواهر حدوث خطر ما فى مفاعل ذرى.

### ٧ - إزالة الأعطال ( Debugging )

وفيهما يتم وصف أساليب إزالة الأعطال والعلل وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال إزالة الأعطال والعلل مثل نظام ( ONCOCIN ) الذى يقوم بتشخيص العلاج لمرضى السرطان ما يلى:

**IF :** 1) The patient has received chemotherapy, and  
2) The blood counts do warrant dose attenuation

**THEN :** Conclude that the current attenuated dose is the previous dose attenuated by the minimum of the dose attenuation due to low WBC and the dose attenuation due to low platelets.

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

ومن أمثلة تلك النوعية من النظم الخبيرة أيضا تلك التى تقوم بتوضيح كيف يتم ضبط نظم الحاسبات للتغلب على مشاكل معينة فى أدائها ، وكذلك تلك التى تقوم باختيار نوع الصيانة والإصلاح المناسبين لكوابل التليفونات العاطلة ، بالإضافة إلى العديد من التطبيقات الأخرى.

### ٨ - إصلاح الأعطال ( Repair )

وفى هذه النظم يتم أيضا تنفيذ الخطوات اللازمة لإصلاح الأعطال وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال إصلاح الأعطال مثل نظام ( TQMSTONE ) ما يلى :

**IF : The detector output voltage is maximized after varying the  
LENS1-Q1 voltage and  
The detector output voltage is maximized after varying the  
LENS2-Q1 voltage, and  
⋮  
The detector output voltage is maximized after varying the  
Q1 bias-voltage, and  
The detector output voltage is maximized after varying the  
Q3 bias-voltage  
THEN : The detector unit coarse-tuned.**

وهذا النظام يقوم بتوليف وضبط مقياس طيف الكتلة الثلاثى - الرباعى

### ١٠ - التدريب والتعليم ( Instruction )

وتقوم مثل هذه النوعية من النظم بتعليم وتدريب الدارسين على إكتساب المهارات فى المجالات المختلفة.

وكمثال على قاعدة من قواعد المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال التدريب والتعليم مثل نظام ( GUIDON ) ما يلى :

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

**IF :** You believe the student considered a particular domain rule,  
and that rule concludes a value present in the student's  
conclusions, and no other rule that mentions this value is  
believed to have been considered by the student  
**THEN :** Increase the cumulative belief that student considered  
this rule by 0.40

ونظام ( GUIDON ) يقوم بتعليم طلبة الطب القواعد اللازمة لاختيار العلاج المناسب  
للأمراض المصاحبة للإلتهابات البكتيرية.

### ١٠ - التحكم ( Control )

وتقوم هذه النظم بالسيطرة على جميع أنشطة وسلوكيات أى نظام وكمثال على قاعدة من قواعد  
المعرفة فى نظام خبرة يقوم بأعمال التحكم مثل نظام ( VM ) ما يلى :

**IF :** HEART RATE is ACCEPTABLE  
PULSE RATE does NOT CHANGE by 20 beats/minute in 15  
minutes  
MEAN ARTERIAL PRESSURE is ACCEPTABLE  
MEAN ARTERIAL PRESSURE does not CHANGE by 15  
torr in 15 minutes  
SYSTOLIC BLOOD PRESSURE is ACCEPTABLE  
**THEN :** The HEMODYNAMICS are STABLE.

ونظام ( VM ) يقوم بالتحكم فى وحدات العناية المركزة بالمستشفيات

وتجدر الإشارة هنا إلى أن الكثير من النظم الخبيرة يتضمن أكثر من وظيفة من الوظائف التى  
سبق ذكرها ، فعادة يكون كشف الأعطال والعلل مصاحبا لأساليب إزالتها ، والمراقبة مع التحكم ،  
والتخطيط مع التصميم ، ونتيجة لذلك يرى كثير من الباحثين فى مجال الذكاء الإصطناعى أنه من  
الأفضل تقسيم النظم الخبيرة طبقا لمجالات التطبيق التى تستخدم بها وذلك رغم أنه تظهر دائما  
تطبيقات للنظم الخبيرة فى مجالات جديدة.

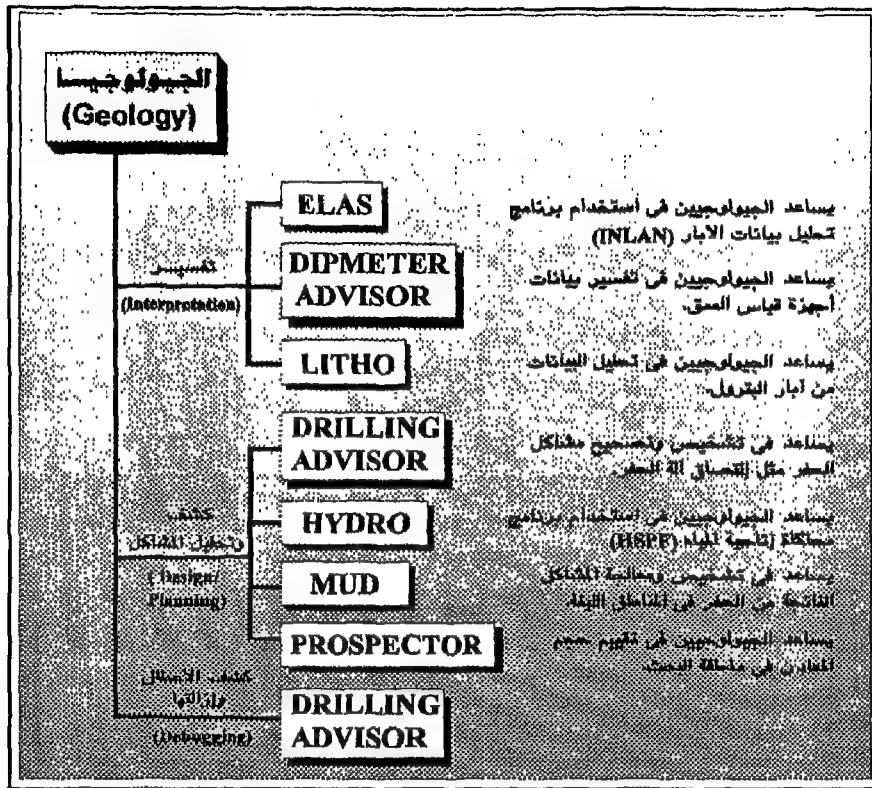
## ١٠ - ٨ أهم مجالات التطبيق للنظم الخبيرة

تم تطبيق النظم الخبيرة بالفعل فى مجالات عديدة وأثبتت نجاحا كبيرا فى هذه المجالات وأهم هذه المجالات هى :

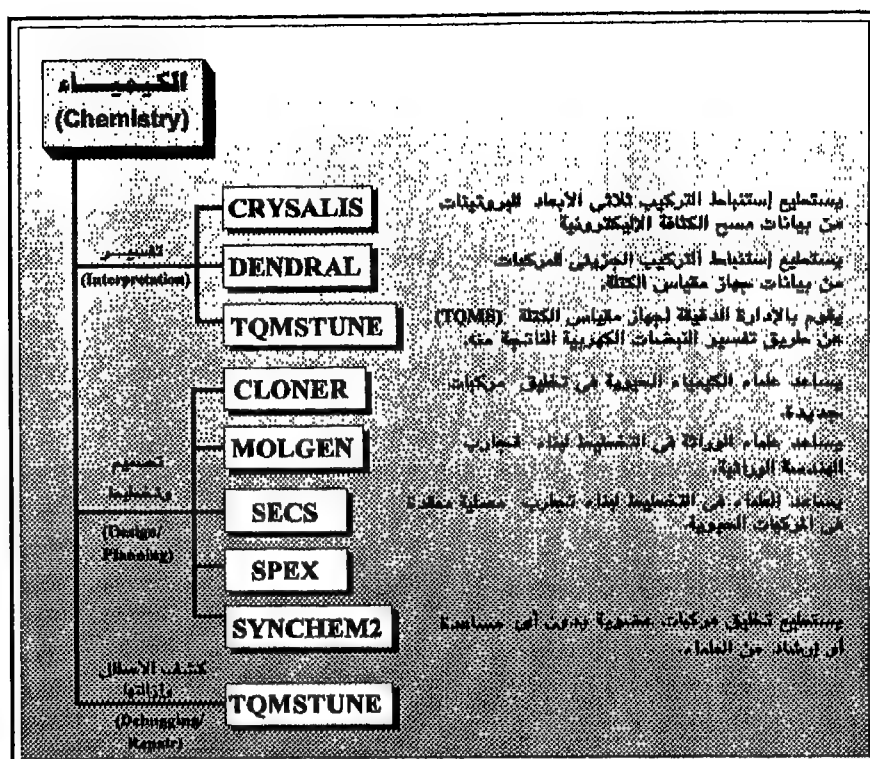
الكيمياء والطب والجيولوجيا والزراعة ونظم الحاسبات والهندسة والإلكترونيات وإدارة المعلومات والقانون والرياضيات والأرصاد الجوية والشئون العسكرية والفيزياء وتكنولوجيا الفضاء والتحكم فى عمليات الإنتاج والتصنيع.

وتوضح الأشكال من شكل ( ١٠ - ٦ ) إلى شكل ( ١٠ - ١٢ ) أمثلة للنظم الخبيرة المستخدمة فى مجالات التطبيق المختلفة وموضحا بها الأنشطة الأساسية لهذه النظم طبقا لما ورد فى الجزء ( ١٠ - ٧ ) من هذا الفصل.



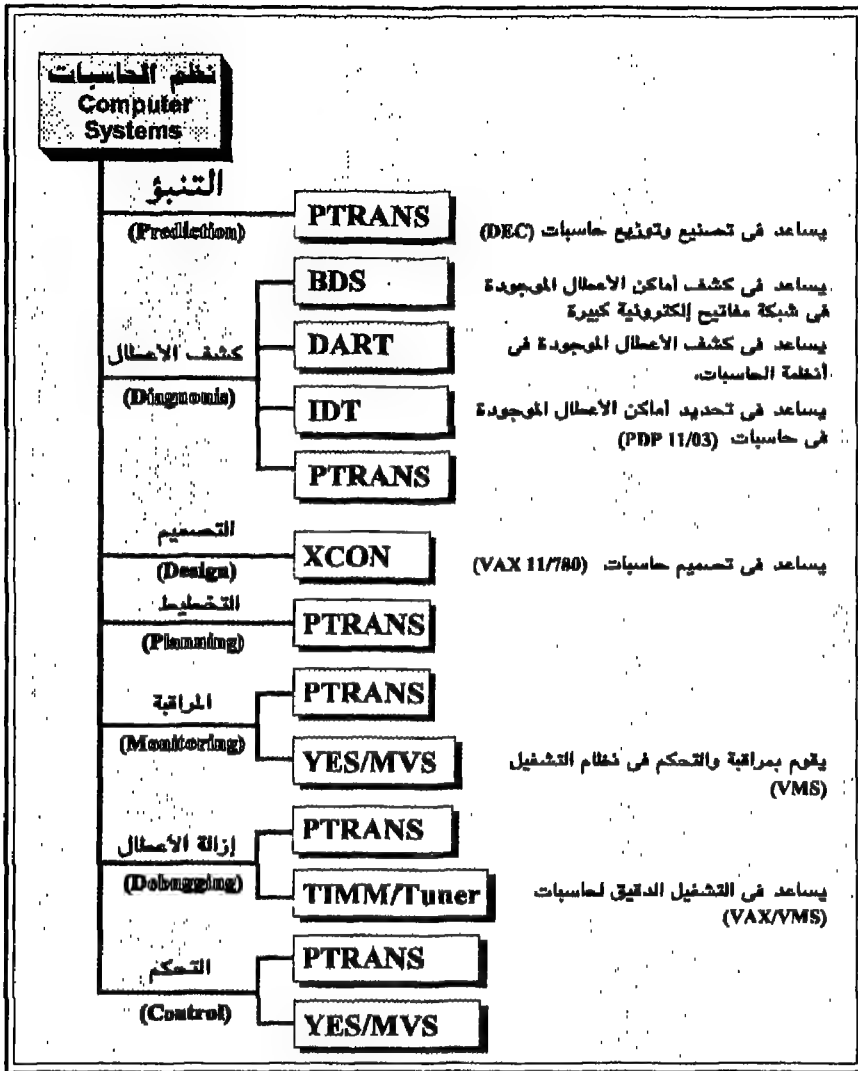


شكل (١٠ - ٧)



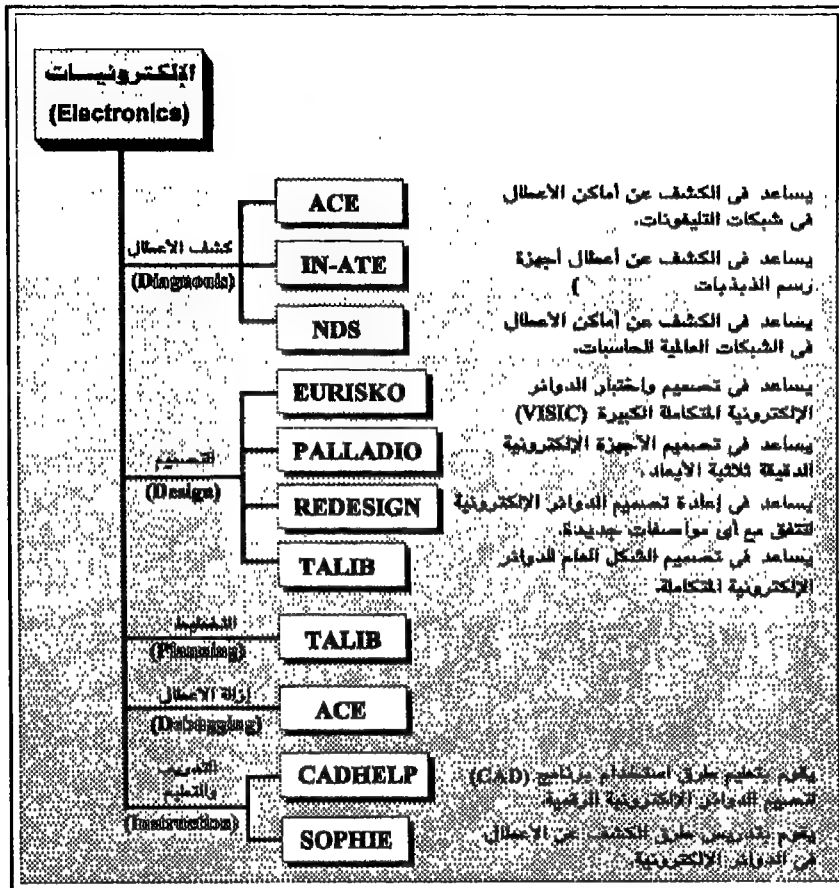
شكل (١٠ - ٨)

## نظرة عامة على النظم الخبيرة



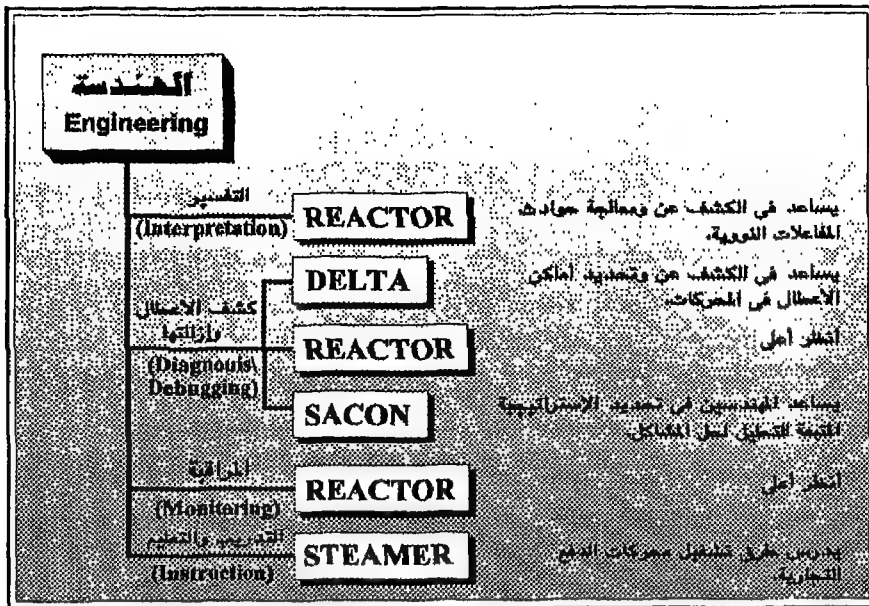
شكل ( ١٠ - ٩ )

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

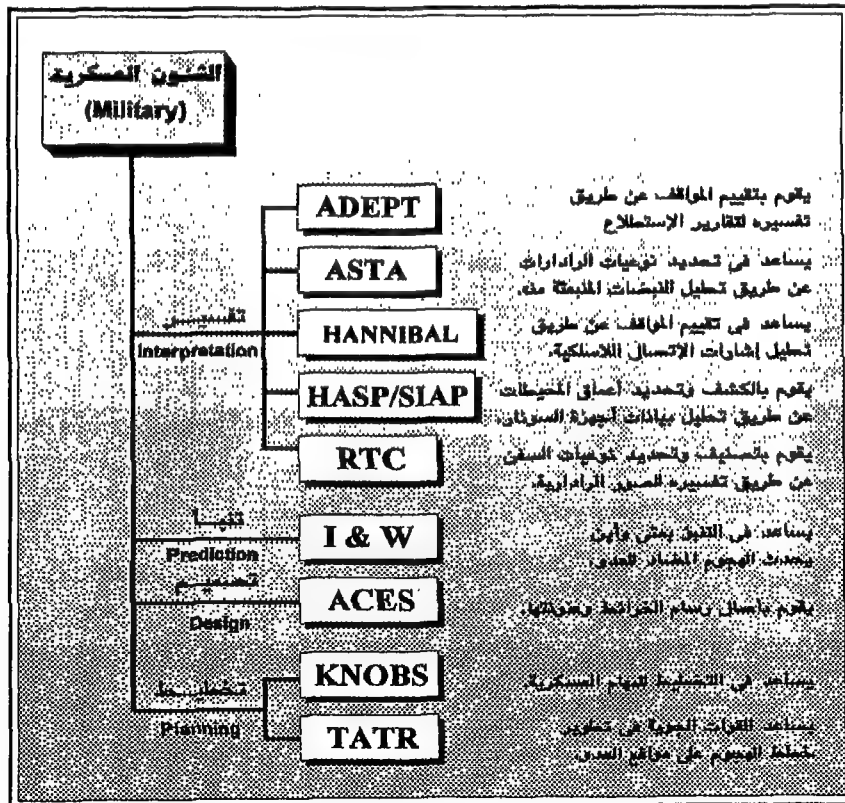


شكل (١٠ - ١٠)

## نظرة عامة على النظم الخبيرة



شكل (١٠-١١)



شكل (١٠-١٢)

## ١٠ - ٩ مثال لنظام خبير أثناء التشغيل

فيما يلي نظام خبير مبني على القواعد ( Rule - based ) يستخدم لتقديم إستشارة ( Consultation ) عن طريق نظام يسمى ( Select Auto ) لمساعدة المستخدم في إتخاذ القرار المناسب لشراء سيارة

١ - يقوم المستخدم بالإجابة عن الأسئلة بكتابة الرقم أمام الإجابة المناسبة

- سنوال عن البلد المصنعة للسيارة

The car is made in

- 1 Egypt
- 2 Foreign Countries
- 3 don't know

1 ← إجابة المستخدم

٢ - سؤال آخر عن الجودة المطلوبة

Quality is

- 1 the highest concern
- 2 of high concern
- 3 of moderate concern
- don't know

1 ← إجابة المستخدم

٣ - مع إستمرار الأسئلة يستطيع المستخدم الإستفسار عن أهمية معرفة المعلومات المطلوبة للحاسب والسؤال عن أهمية معرفة سعر السيارة

Price of the car is

- 1 important
- 2 unimportant
- 3 don't know

WHY

← سؤال المستخدم

## نظرة عامة على النظم الخبيرة

٤ - يقوم الحاسب بعرض القواعد ( Rules ) التى أحد معاملاتها الثمن ( Price ) كأحد إمكانيات التفسير التى يتمتع بها النظام الخبير

**RULE NUMBER : 5**

**IF :**

(1) Price of a car is important  
and

(2) The payment is in installments

**THEN :**

The monthly payment is determined

٥ - بعد عرض هذه القواعد يستطيع المستخدم الحصول على إجابة لاستفساره ثم يرد بدوره على السؤال المطلوب.

**Price of the car is**

- 1      important
- 2      unimportant
- 3      don't know

1      ← إجابة المستخدم

٦ - وتستمر الأسئلة ومعها إجابة المستخدم كمايلي

- سؤال عن القسط الشهرى

**The monthly payment is no more than**

- 1      100\$
- 2      150\$
- 3      200\$
- 4      250\$
- 5      300\$

4      ← إجابة المستخدم

## نظرة عامة على النظم الجبيرة

---

- سؤال عن أهمية المقعد الأمامي

Front Seat is

- 1 important
- 2 unimportant

1 ← إجابة المستخدم

- سؤال عن السرعة

Acceleration is

- 1 strong
- 2 moderate
- 3 don't know

2 ← إجابة المستخدم

- سؤال عن سعة المحرك

Engine is

- 1 between 1000 – 1500 CC
- 2 between 1501 – 2000 CC
- 3 over 2000
- 4 don't know

2 ← إجابة المستخدم

- سؤال عن الاعتمادية

Reliability of a car is

- 1 of high concern
- 2 of concern
- 3 of less concern
- 4 not sure

4 ← إجابة المستخدم

- سؤال عن أكثر المعاملات أهمية في اتخاذ قرار الشراء



### نظرة عامة على النظم الخبيرة

The most important factor in making a decision to buy a car is

- 1 Price
- 2 Fuel economy
- 3 Comfort and convenience
- 4 Performance of a car
- 5 Safety
- 6 Reliability
- 7 Quality
- 8 don't know

1,7

← إجابة المستخدم

٧- يسمح النظام بالتغيير في الإختيارات قبل اتخاذ القرار وذلك بعرض الأسئلة والإجابات عليها كالآتي :

- 1 The car is made in Egypt
- 2 Quality is the highest concern
- 3 The price of the car is important
- 4 The monthly payment is no more than 250\$
- 5 The front seat is important
- 6 Acceleration is moderate
- 7 Engine is between 1500 – 2000 CC
- 8 Reliability is not sure
- 9 The most important factors are price and quality

حيث يمكن مثلا تغيير إجابة السؤال الأول من سيارة مصنوعة في مصر إلى سيارة مصنوعة في دولة أجنبية ( Foreign Country ).

٨- يقوم النظام الخبير بالتوصية بنوعين من السيارات التي تحقق الإختيارات المحددة في خطوة ( ٧ ) وهي

- 1 Toyota Corolla
- 2 Renault Alliance



# الفصل الحادى عشر

## بناء النظام الخبير

( Building Expert System )



## ١١ - ١ المكونات الأساسية للنظام الخبير

تتكون معظم النظم الخبيرة من جزئين رئيسيين : بيئة التطوير (Development Environment) وبيئة الإستشارات ( Consultation Environment ) أنظر شكل (١-١١) . وتستخدم بيئة التطوير لبناء أجزاء النظام ولتقديم المعرفة لقاعدة المعرفة . أما الإستشارات فيستخدمها غير الخبراء للحصول على معرفة الخبراء ونصيحتهم . والأجزاء الآتية تكون فى مجموعها النظام الخبير :

- ١ - نظام إكتساب المعرفة الفرعى .
- ٢ - قاعدة المعرفة .
- ٣ - آلة الإستدلال .
- ٤ - ساحة العمل .
- ٥ - التفاعل مع المستخدم .
- ٦ - نظام الشرح والتوضيح الفرعى .
- ٧ - نظام تنقية المعرفة .

وهذه الأجزاء موضحة فى شكل ( ١-١١ ) مع العلاقات بينها . وفيما يلى شرح مختصر لكل جزء من أجزاء النظام الخبير .

### ١ - النظام الفرعى لاكتساب المعرفة

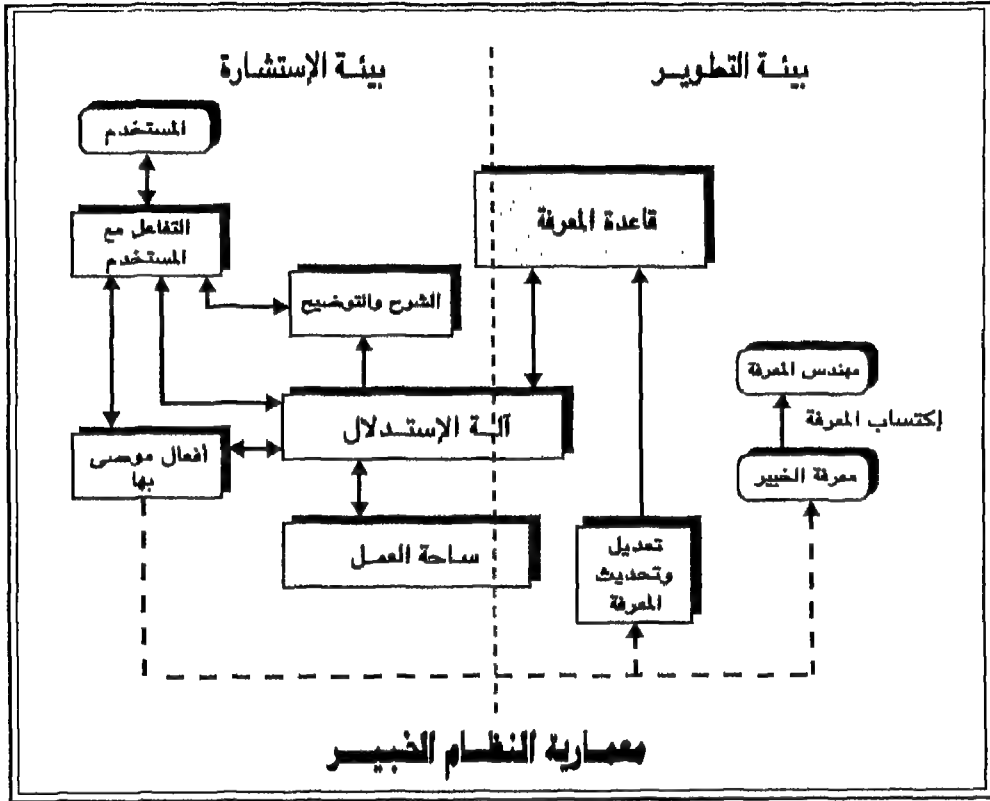
إكتساب المعرفة هو إنتقال خبرات حلول المشاكل من أحد مصادر المعرفة إلى برنامج للحاسب لبناء قاعدة المعرفة أو لزيادة نطاقها . ومصادر المعرفة متعددة منها الخبراء ، المراجع ، قواعد البيانات ، تقارير بحثية خاصة ، والصور . وأصعب مصادر المعرفة التى يمكن إكتساب المعرفة منها هم الخبراء وهى مهمة تمثل عنق الزجاجة فى بناء النظام الخبير . ويساعد مهندس المعرفة ( Knowledge Engineer ) بتعاونه من الخبراء فى التغلب على كثير من الصعاب المصاحبة لبناء قاعدة المعرفة . وقد تم فيما سبق إستعراض عملية إكتساب المعرفة ومشاكلها بالتفصيل .

### ٢ - قاعدة المعرفة ( Knowledgebase )

تحتوى قاعدة المعرفة على مجموعة المعارف والخبرات اللازمة لحل المشاكل فى المجال المنشأ من أجله النظام الخبير . وتحتوى القاعدة على عنصرين أساسيين : الحقائق ( Facts ) ، مثل ظروف المشكلة والنظريات المرتبطة بها ، والقواعد ( Rules ) وهى عبارة عن خطوط مرشدة لحل مشاكل معينة مرتبطة بمجال ما وتعتمد على الحدس ( Heuristic ) فى استخدامها . هذه القواعد تختلف عن

## بناء النظام الخبير

القواعد الخاصة بصناعة القرار ( Decision - Making ) والقواعد الخاصة بحل المشاكل القياسية ( Standard Problem - Solving ) والموجودة في آلة الإستدلال. وتحتوي قاعدة المعرفة عادة على الخطط العامة ( Global Strategies ) والتي يمكن أن تكون حدسية ( Heuristics ) أو نظريات مرتبطة بمجال المشكلة.



شكل ( ١١ - ١ )

## ٣ - آلة الإستدلال ( Inference Engine )

آلة الإستدلال هي العقل المفكر ( Brain ) للنظام الخبير وتعرف أيضا بالبناء الحاكم ( Control Structure ). وهذه الآلة هي في الواقع برنامج للحاسب يقوم بالتخطيط لمنهجيات ( Methodologies ) وأساليب الإنتاج المنطقي للمعلومات الموجودة في قاعدة المعرفة وساحة العمل ( Workspace ) للوصول إلى الإستنتاجات المطلوبة والتي تساهم في حل المشكلة تحت الدراسة واستنباط المسببات التي تؤدي إلى هذا الحل.

وهذه الآلة لها ثلاثة عناصر رئيسية هي المفسر ( Interpreter ) والمخطط الزمني ( Scheduler ) ومحسن التوافق ( Consistency Enforcer ) ويقوم المفسر بحساب العنصر المطلوب

## بناء النظام الخبير

وفقا للقواعد الحاكمة له. على سبيل المثال عند تقديم الإستشارة للمستخدم لشراء سيارة جديدة (راجع المثال فى الجزء ٩-٩) ، نجد النظام الخبير يستفسر عن ثمن السيارة :

Price of the car is

- 1 Important
- 2 Unimportant
- 3 don't know

وبناء على إجابة المستخدم يقوم المفسر بحساب القواعد الحاكمة فإذا اختار المستخدم رقم (١) للإشارة إلى أن سعر السيارة هام بالنسبة له نجد أن المفسر يقوم بحساب القاعدة الآتية :

**RULE NUMBER 5 :**

**IF**

(1) Price of a car is important

and

(2) The payment is in installments

**THEN**

The monthly payment is determined

أما المخطط الزمنى فيتحكم فى ترتيب تنفيذ عناصر المهمة ويقوم بتقدير تأثير استخدام قواعد الإستدلال ( Inference Rules ) فى ضوء ترتيب العناصر. وفى المثال السابق شرحه والخاص بتقديم الإستشارة لمستخدم لشراء سيارة ( جزء ٩-٩ ) يقوم المخطط بالتحكم فى ترتيب تقديم الأسئلة بدءا من بلد التصنيع وانتهاء بأهم العوامل التى تحكم عملية الشراء وبالترتيب ويقوم المخطط بحساب تأثير كل قاعدة إستدلال استخدمت تبعا لكل إجابة. وأخيرا يستخدم محسن التوافق للحفاظ على توافق الحل مع العناصر المكونة له. فمثلا يقوم محسن التوافق بالتأكد من أن السيارة تيووا كاختيار أول تحقق كل متطلبات المستخدم.

ويجدر الإشارة إلى أنه يمكن تصميم آلة إستدلال عامة الأغراض تستخدم مع أكثر من قاعدة معرفة فى مجالات متعددة لإنشاء نظم خبيرة فى هذه المجالات.

## ٤ - ساحة العمل ( Workplace or Blackboard )

هى مساحة من الذاكرة المستخدمة ( Working Memory ) تستخدم فى توصيف المشكلة كما تستخدم للإحتفاظ بسجل كامل عن النتائج المستنتجة غير النهائية ( Intermediate Results ).

## بناء النظام الخبير

وتسجل هذه الذاكرة الفرضيات المستخدمة والقرارات المرحلية التي تؤدي في مجموعها إلى القرار النهائي. ويمكن تقسيم هذه القرارات إلى قرار عن كيفية التعامل مع المشكلة ، قرار تقسيم عناصر المشكلة وترتيبها والمخطط الزمني ( Agenda ) ، وأخيرا قرار الحل ( Solution ) بمعنى تحديد الفرضيات والخطوات الفعالة للوصول إلى الحل. وتوجد مساحة العمل ( Blackboard ) في بعض النظم الخبيرة وهي من الطرق شائعة الاستخدام خاصة في الحالات التي يشترك في حلها العديد من الخبراء.

وعلى سبيل المثال في حالة تعطل سيارتك تقوم بإدخال ظروف التشغيل التي كانت عليها السيارة عند حدوث العطل ( Symptoms ) للحاسب والذي يقوم بتخزينها في ساحة العمل. وبناء على الفرضيات المستنتجة داخل الساحة يقوم الحاسب باقتراح بعض الاختبارات الإضافية ، مثل اختبار وصلات البطارية ، ويطلب إدخال نتائج الاختبارات إلى ساحة العمل لتسجيلها لحين استخدامها بواسطة آلة الاستدلال.

### ٥ - وحدة التفاعل مع المستخدم ( User Interface )

تحتوي نظم الخبرة على معالج للغات ( Language Processor ) يتم بواسطته الإتصال بين الإنسان والحاسب في صورة حوار بلغة التخاطب العادية للمستخدم.

### ٦ - النظام الفرعي للشرح والتوضيح ( Explanation Subsystem )

يقوم النظام الخبير بواسطته بتفسير كيفية وصوله إلى النتائج والحلول والتوصيات الخاصة بالمشكلة المعروضة عليه ، وهي إحدى الخصائص الهامة للنظام الخبير والتي تجعله يحاكي إلى حد كبير سلوك الخبير البشري.

### ٧ - نظام تنقية المعرفة ( Knowledge Refining System )

نظام تنقية المعرفة من النظم التي تخص الخبير البشري فهو قادر على تحليل أدائه والتعلم من ذلك وتحسين هذا الأداء مستقبليا. ونظام تنقية المعرفة بواسطة الحاسب يقوم على محاكاة أداء الخبير ، فهو يحلل أسباب النجاح والفشل لتحسين قاعدة المعرفة وتحديد الطرق المؤثرة للإستنتاج المنطقي وصولا للحلول المثلى. وهذا النظام غير موجود في النظم التجارية في الوقت الحاضر ولكنه موجود في النظم الخبيرة في الجامعات وأكاديميات البحث العلمي.

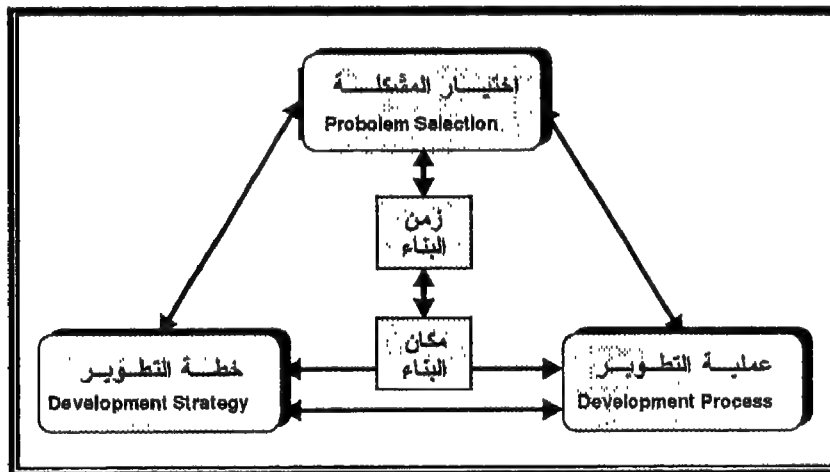


## ١١ - ٣ مراحل بناء النظام الخبير

عملية بناء تطبيق للذكاء الاصطناعي ، مثل الإنسان الآلي أو معالجة اللغات الحية أو التعرف على الأصوات ، تشبه عملية بناء نظام خبير صغير. هذا التشابه يكمن في محاولة إيجاد إجابة على الأسئلة الآتية :

- ١- ماهو التطبيق المراد بناؤه ؟ أى اختيار المشكلة ( Problem Selection ).
- ٢- من هو المسئول عن عملية البناء ؟ أى خطة التطوير ( Development Strategy ).
- ٣- ماهى طريقة بناء التطبيق المطلوب ؟ عملية التطوير ( Development Process ).

وذلك بالإضافة إلى العديد من الأسئلة مثل متى تبدأ عملية البناء ؟ ، وأين تتم عملية البناء ؟ و ... الخ. والإجابات على هذه الأسئلة تكون متداخلة ( Interrelated ) ، كذلك فإن كل إجابة تؤثر وتتأثر بالإجابة الأخرى مما يعطى إنطباعاً أولياً عن مدى الصعوبة المتوقعة والجهد اللازم والتخطيط الدقيق المطلوب لعملية البناء. انظر شكل ( ١١ - ٢ ).



شكل ( ١١ - ٢ )

وسوف نركز فى هذا الفصل على النظم الخبيرة وسنقدم إطار عمل عام لعملية البناء. وكما هو معروف أن النظام الخبير ( ES ) هو برنامج يتم تشغيله على الحاسب ويخضع فى عملية تطويره للقواعد المتبعة فى عملية تطوير البرمجيات ( Software Development ). وهذه القواعد تهدف إلى زيادة العمر الافتراضى للبرمجيات وذلك بزيادة قدرتها على استيعاب عمليات التحديث لمواءمة التطورات الجديدة والمعارف الحديثة فى نطاق التطبيق. كذلك تهتم هذه القواعد بالاحتفاظ بالحد الأدنى للتكلفة عند قيمة منخفضة. وتحقيق هذه الأهداف يكون باتباع تسلسل معين ومحدد للمهام

## بناء النظام الخبير

اللازمة لعملية التطوير وضمان استقرار كل مرحلة من مراحل التطوير قبل الانتقال إلى مرحلة أخرى. كذلك توفير قدر كبير من المرونة لعملية الانتقال واستخدام طريقة التغذية بالراجع ( Feedback ) لضمان العودة إلى أى مرحلة من المراحل الأخرى عند الحاجة إلى ذلك.

ويمكن إجمال مراحل بناء أى نظام خبير فى ستة مراحل أساسية وهى كالآتى : بدء المشروع ( Project Initialization ) وتحليل وتصميم النظام ( System Analysis and Design ) والنمذجة ( Prototyping ) وتطوير النظام ( System Development ) والتنفيذ ( Implementation ) وما بعد التنفيذ ( Post implementation ) وهذه المراحل موضحة فى شكل ( ١١ - ٣ ) وسيتم شرحها ومايتبعها من مهام فى الجزء التالى.

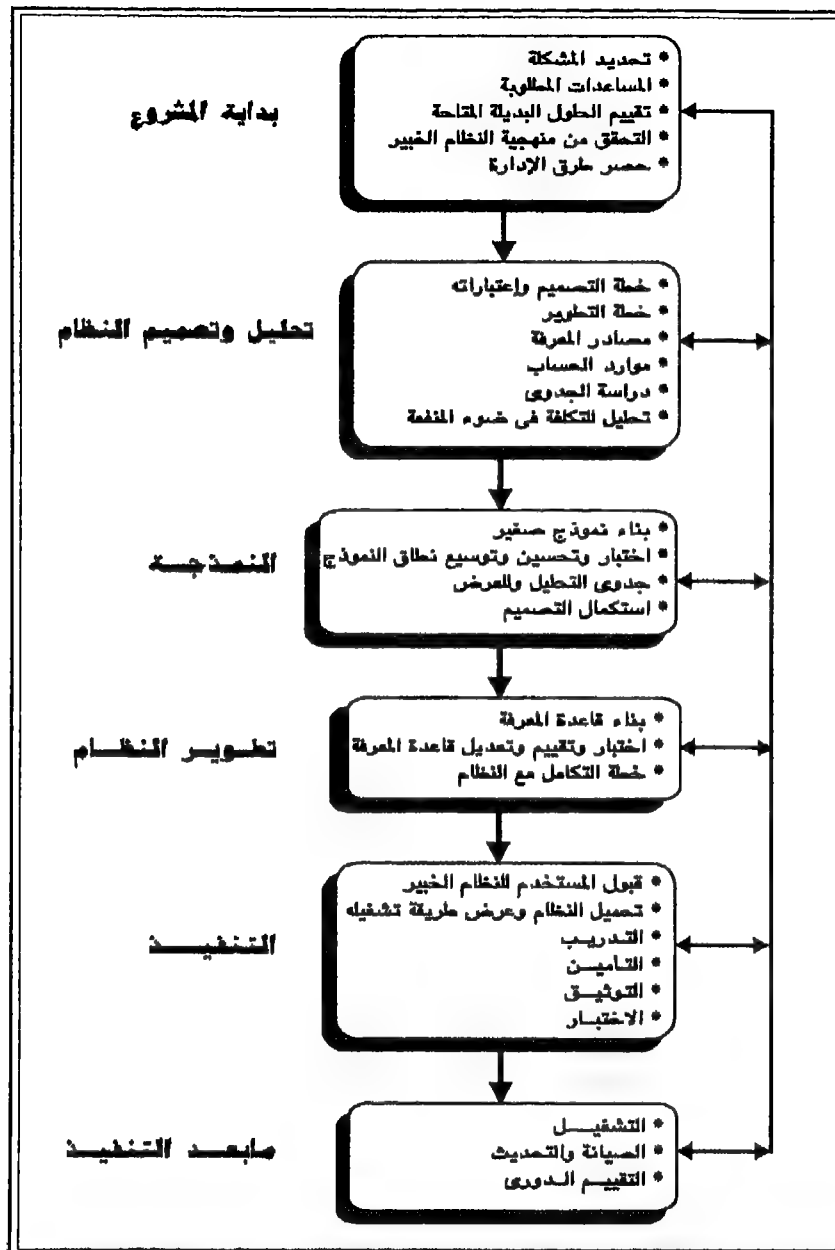
### ١١ - ٣ المرحلة الأولى : بداية المشروع

عند اختيار أحد المشروعات لبناء نظام خبير له تظهر عشرات المتغيرات المتداخلة والتى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار أثناء عملية الاختيار. ولتجنب احتمالات الفشل قدم الخبراء منهجيات تطوير وقوائم اختبار ( Checklists ) لتحديد المهام التى يجب إنجازها فى هذه المرحلة. ومن هذه المهام الآتى :

- ١ - تحديد المشكلة ( نوعها وهدفها والسمات الأساسية لها ).
- ٢ - تحديد المساعدات المطلوبة أثناء حل المشكلة مثل المواد والوسائل.
- ٣ - تقييم الحلول البديلة ( Alternative Solutions ) بمافيها توفير الخبراء والبرمجيات ووسائل التعلم والتدريب والمعارف المجمعة.
- ٤ - التحقق من النظام الخبير بمعنى تحديد الأهداف والأغراض المطلوبة من بناء النظام الخبير والتحقق من ملاءمة هذا النظام لحل المشكلة.
- ٥ - الأخذ فى الاعتبار بعض المسائل الإدارية مثل الشخص المسئول عن بدء المشروع ، الموارد المالية ، القيود القانونية أو غيرها ، تسويق المشروع وتحديد مدير المشروع.
- ٦ - إقرار المشروع.

ومن جميع هذه الأنشطة يبرز تحديد المشكلة ومجالها كأصعب نشاط يمكن أن يواجهه القائمون ببناء النظام. ويرجع ذلك إلى كبر حجم المشاكل فى البداية واتساع مجالها مما يستلزم قيامهم بتقليص حجم المشكلة لتكون مناسبة للتطبيق باستخدام النظم الخبيرة.

## بناء النظام الخبير



شكل ( ١١ - ٣ )

## ١١ - ٣ - ١ تحديد المشكلة وتقديم المساعدات المطلوبة

تحديد المشكلة هو بمثابة حجر الزاوية فى عملية بناء النظام الخبير لأنه ينعكس على بقية مراحل البناء بالسلب أو بالإيجاب. وتحديد المشكلة يكون ببساطة عن طريق الإجابة على بعض الأسئلة الأساسية مثل ماهى المشكلة ؟ ... ماهى المتطلبات الحقيقية لحلها ؟ ويجب التعبير عن المشكلة وتعريفها بوضوح مع جمع أكبر قدر من المعلومات حول هذه المشكلة لأن المعلومات بمثابة قلب أى مشكلة وهى الوسيلة الوحيدة لإيجاد حلول للمشاكل باستخدام النظم الخبيرة. ومعظم النظم الخبيرة تستخدم لتحسين الأداء فى وظيفة معينة. على سبيل المثال عامل لا يستطيع انجاز كم معين من العمل بجودة عالية فى إطار الوقت اللازم والتكلفة المحددة. وهذه النوعية من المشاكل لاتتوافر فيها المعرفة المطلوبة وأفضل طريقة لفهم المشكلة هى إجراء دراسة بأسلوب منهجى اصطلاحى ( Formal Way ) يسمى تقديم المساعدات ( Needs Assessment ). وهذه الدراسة تكون فى صورة أسئلة مثل : مامدى معرفة العامل لطبيعة المهمة المكلف بها ؟ .. ماهى خلفيته العلمية ؟ ... هل إلتحق بدورات تدريبية فى مجال العمل المكلف به ؟ ... ماهى خبرته العملية ؟ وماهى المدة التى اكتسب فيها هذه الخبرة ؟ وقد يتضح من نتائج هذه الدراسة أن معظم المشاكل ليست فى الواقع بسبب قصور فى أداء العامل ولكن قد يكون هناك بعض العوامل المتداخلة تؤدى إلى هذا القصور . وهذه النتائج تعتبر معلومات خلفية ( Background Information ) حول المشكلة وهى تساعد إلى حد كبير فى اختيار البرنامج المستخدم لحل المشكلة.

## ١١ - ٣ - ٢ تقييم الحلول البديلة

قبل بداية المشروع الرئيسى لبناء النظام الخبير يجب تقييم الحلول البديلة لحل المشكلة. وفيما يلى بعض الأمثلة :

### ١ - توفير الخبراء

إذا كانت المشكلة من النوع الذى يعتمد فى حله على المعرفة فلا بد من توفير الخبراء المختصين للاستفادة من خبرتهم وذلك عن طريق الإستشارة أو التعيين كحل بديل عن استخدام النظام الخبير.

## بناء النظام الخبير

### ٢ - التعليم والتدريب

من المعروف أن الإنسان يكتسب معارفه عن طريق الدراسة والتجربة العملية والخبرة. لذلك فإن أحد الحلول البديلة للمشاكل التي تعاني من نقص المعرفة هو إتاحة الفرصة لبعض الأفراد لمزيد من التعليم والتدريب في الجزئية التي لا يتوافر حولها معرفة كافية أو تعاني من نقص كلى في المعرفة وذلك عن طريق مجموعة من المحاضرات والفصول التعليمية أو عن طريق الخبراء. وتعتبر منهجية التعليم والتدريب من الحلول الممتازة طويلة الأجل ولكنها تفشل كحل بديل للنظام الخبير إذا كان عدد الأفراد المطلوب تدريبهم وتعليمهم كبيراً لارتفاع التكلفة اللازمة بالإضافة إلى الوقت المطلوب.

### ٣ - المعرفة المجمعة ( Packaged Knowledge )

المعرفة المجمعة والموثقة كتابياً أو إلكترونياً تعتبر من البدائل المطروحة بدلاً من استعمال النظام الخبير. ويستطيع الخبير تحضير أو المساعدة في تحضير مرجع يضم كل الحقائق والإجراءات والمعارف اللازمة لإنجاز مهمة معينة للرجوع إليها عند الحاجة. وهذا البديل مع أنه يحتاج إلى وقت لإعداد المرجع إلا أنه أقل تكلفة من النظام الخبير وأسهل وأسرع عند استخدامه.

### ٤ - البرمجيات القياسية ( Standard Software )

بعد تحديد المشكلة بطريقة صحيحة يمكن اختبار مدى ملاءمة حزم البرامج ( Software Packages ) المتاحة مثل الجداول الإلكترونية أو نظم إدارة قواعد البيانات للمساعدة في حل المشكلة. وهذه الطريقة يمكن أن تكون أبسط وأسرع من بناء النظام الخبير. وفي النهاية وبعد استعراض كل الحلول البديلة المتاحة، يتم البدء في بناء النظام الخبير إذا كان هو أنسب الحلول وأفضلها.

## ١١ - ٣ - ٣ التحقق من النظام الخبير كحل أمثل

قبل الشروع في بناء النظام الخبير يجب التحقق من أن النظام الخبير قادر على الوفاء بمتطلبات حل المشكلة. وقد طرح ووترمان ( Waterman ) إطار عمل لاختبار النظام الخبير عبارة عن دراسة من ثلاثة أجزاء وهى المتطلبات ( Requirements ) التبرير ( Justification ) والملاءمة ( Appropriateness ). وسنعرض فيما يلى نبذة مختصرة عن هذه الأجزاء بالإضافة إلى نموذج لقوائم الاختبار للتحقق من تحقيق النظام الخبير لنتائج هذه الدراسة.

## بناء النظام الخبير

### ١ - متى يكون بناء النظام مطلوباً ؟

بالطبع ليست أى مشكلة قابلة للحل باستخدام النظم الخبيرة. ولذلك فتحديد ماإذا كانت المشكلة المعروضة تعتبر مناسبة لاستخدام النظام الخبير فى حلها يعتبر من الأمور الهامة والحيوية والتي يلزم تحديدها قبل تقرير بناء نظام خبير من عدمه وذلك توفيراً للجهد والوقت والمال. لذلك من الضروري توفر الخصائص الآتية فى المشكلة ضماناً لنجاح عملية البناء :

□ من أهم الخصائص أن تكون المهمة المطلوبة من النوع الذى يحتاج مهارات إدراكية ( Cognitive Skills ) وليست مهارات يدوية (Physical Skills) يمكن إكتسابها خلال الممارسة الفعلية.

□ وجود خبراء حقيقين فى المجال لهم خبرات عالية ورفيعة المستوى للإعتماد على خبرتهم كمصادر قوية وشاملة للمعرفة يمكن الإعتماد عليها فى بناء قاعدة المعرفة ( Knowledge Base ).

□ يجب أن يكون لدى خبراء المجال القدرة على بيان أو إيضاح أو شرح الوسائل والأساليب التى يقومون باستخدامها للوصول إلى حل المشكلة.

□ يستطيع الخبراء اختيار طريقة واحدة من الطرق المقترحة للحل أو دمج بعض الطرق للوصول إلى طريقة مثلى لحل المشكلة.

□ ألا يكون التطبيق على درجة كبيرة من الصعوبة والتعقيد وكذلك ليس سطحياً.

□ التحديد الواضح والفهم الجيد للمشكلة.

□ عدم اللجوء إلى استخدام الخوارزميات المنطقية التقليدية ( Conventional Algorithms ) عند بناء البرنامج الخاص بالنظام الخبير لعدم قدرتها على تحقيق المتطلبات الخاصة بالنظام.

□ إمكانية تعديل النتائج الخاطئة أو غير المرضية.

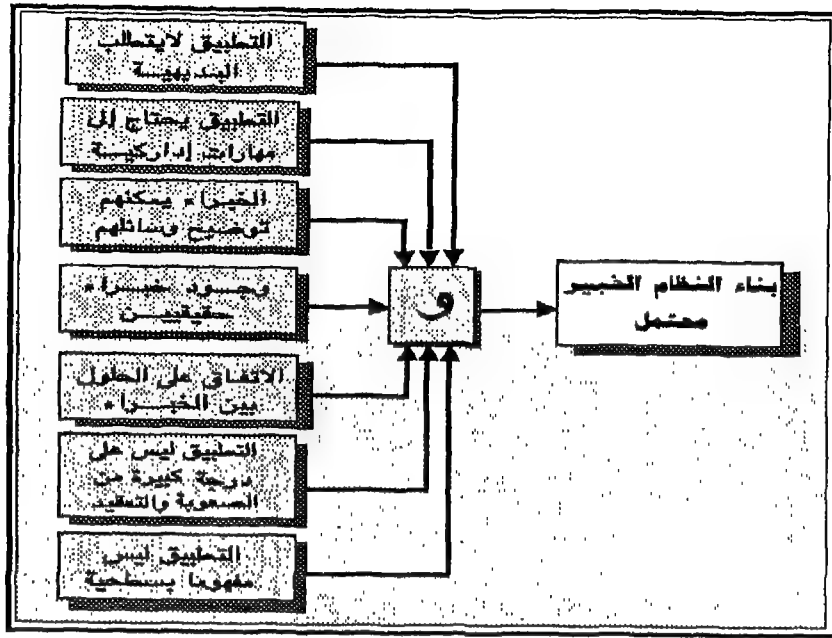
□ سهولة الحصول على البيانات ونتائج الحالات المختبرة ( Test Cases ).

انظر شكل ( ١١ - ٤ )

### ٢ - مبررات بناء النظام الخبير

النظام الخبير شأنه شأن أى نظام معلومات يجب أن تتوافر المبررات الكافية لبنائه. ولذلك فهناك معايير تبرر بناء النظام الخبير وإثبات أهليته وفائدته فى التطبيق المطلوب استخدامه فيه. من هذه المبررات مايلى:

## بناء النظام الخبير



شكل ( ١١ - ٤ )

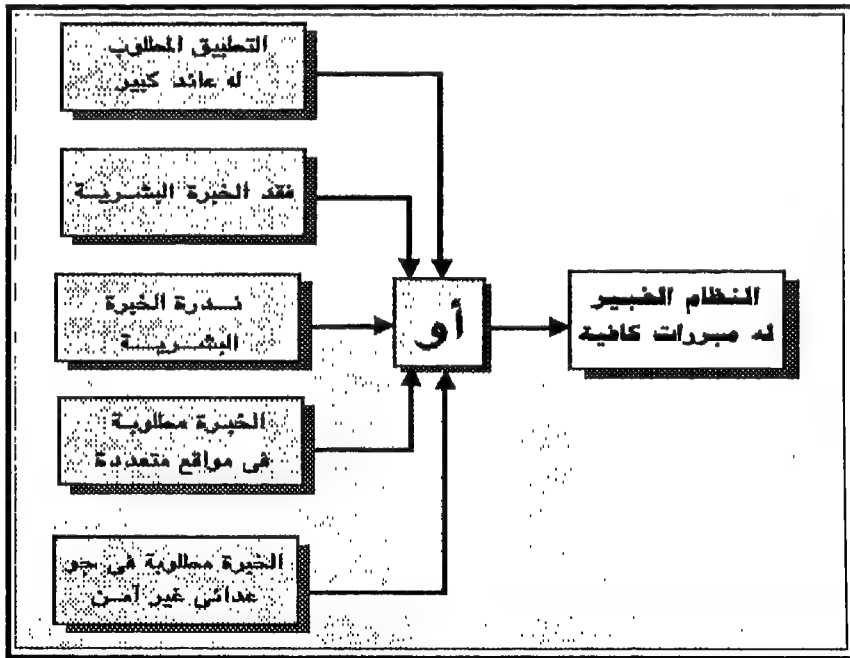
- ☐ توقع عائد مجزى من بناء النظام الخبير فمثلاً بناء نظام خبير في الكشف عن البترول والذي يمكن أن يؤدي إلى مخزون كبير من البترول يساوي ملايين الجنيهات يعتبر نظاماً خبيراً له عائد كبير يبرر عملية بنائه.
  - ☐ الإحتفاظ بالخبرة البشرية في مجالات محددة وصيانتها من الضياع نتيجة تسرب الخبراء المتميزين في هذه المجالات بسبب التقاعد أو الإنتقال إلى وظائف أخرى أو الوفاة.
  - ☐ ندرة الخبراء في مجال ما أو أن الخبرة المطلوبة في أماكن كثيرة ومتفرقة ويصعب تجميعها في مكان محدد.
  - ☐ استخدام النظام الخبير في عمليات التدريب.
  - ☐ سرعة إتخاذ القرار وخاصة في الأجواء غير العادية مثل محطة طاقة ذرية أو محطة فضاء.
  - ☐ الحاجة إلى دقة كبيرة لا يمكن تحقيقها بالإمكانات البشرية.
- أنظر شكل ( ١١ - ٥ )

### ٣ - ملائمة النظام الخبير ( Appropriateness )

هناك خصائص أساسية تجعل من استخدام النظام الخبير وسيلة مناسبة لحل المشكلة المعروضة أو التطبيق المطلوب أنظر شكل ( ١١ - ٦ ). ومن هذه الخصائص الآتى :

## بناء النظام الخبير

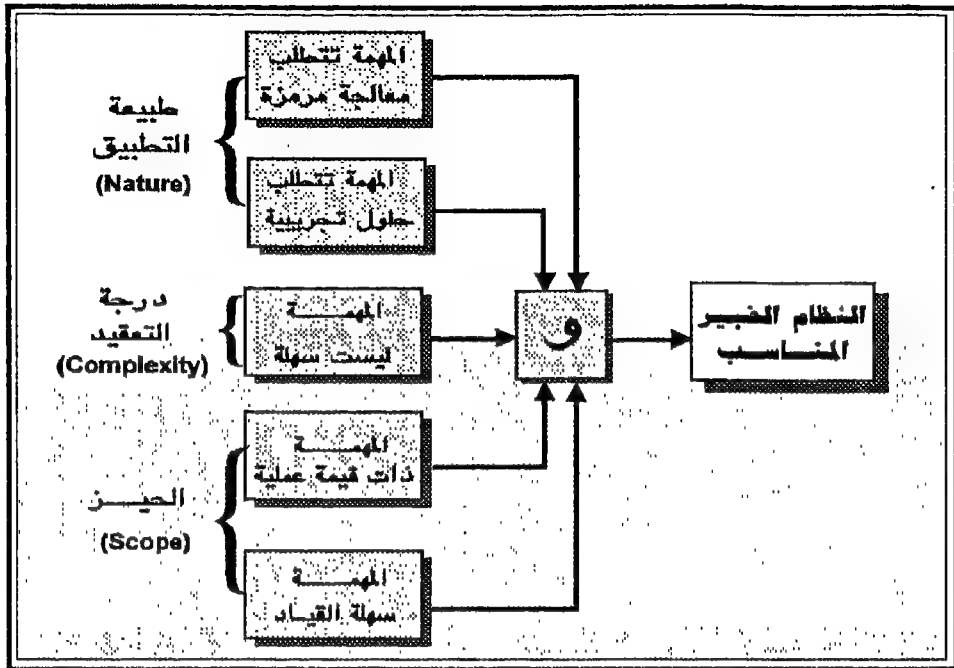
- طبيعة التطبيق : إحدى السمات الرئيسية التى تميز النظم الخبيرة عن البرامج التقليدية هى قدرتها على معالجة الرمزة ( Symbolic Manipulation ) والإستدلال المنطقى. لذلك يجب أن يكون التطبيق المطلوب فى حاجة إلى حلول تجريبية وخلاصة تجارب وخبرات طويلة يتم التعبير عنها بأسلوب يحتاج المعالجة الرمزة.
- درجة التعقيد : يجب أن تكون المشكلة المطلوب بناء نظام خبير لحلها ليست سهلة وانما تتعرض لمجال تطبيق يحتاج من العنصر البشرى سنوات طويلة من الدراسة والخبرة العملية حتى يمكن الوصول إلى مرتبة الخبير فى ذلك المجال.
- حيز المشكلة ( Scope ) : والمقصود به أن تكون المهمة المطلوب لها النظام الخبير ذات حجم مناسب وذات حدود واضحة. وتحديد الحيز المناسب للمهمة أو المشكلة المطلوب حلها يعتبر أحد عناصر النجاح الهامة لبناء النظام الخبير. ومن أشد الأخطار فى بناء النظام الخبير هو اختيار حيز المشكلة واسعا جدا أو يتصف بالعمومية ولذلك فتحديد حيز المشكلة وحصرها فى نطاق ضيق يسهل إلى حد كبير بناء النظام الخبير. ويوضح شكل ( ١١ - ٧ ) طرقا عديدة لتقليل الحيز المطلوب لنظام خبير يستخدم فى تسوية القضايا القانونية.



شكل ( ١١ - ٥ )



## بناء النظام الخبير



شكل ( ١١ - ٦ )

### ٤ - تـرـائـم الإختبار ( Checklists )

كما سبق الإيضاح ، هناك صعوبة كبيرة في تحديد ما إذا كان التطبيق المطلوب بناء النظام الخبير له يناسب مجالات تطبيق النظم الخبيرة. وقد قدم المهتمون والباحثون في مجال النظم الخبيرة العديد من قوائم الإختبار للمساعدة في اختيار أنسب التطبيقات التي يصلح لها بناء نظام خبير وفيما يلي مثال لقائمة اختبار :

☐ هل الإجابة على المشاكل أو أخذ قرار يتم بطريقة عشوائية ؟

- نعم

- لا

☐ ما مدى الدقة المطلوبة ؟

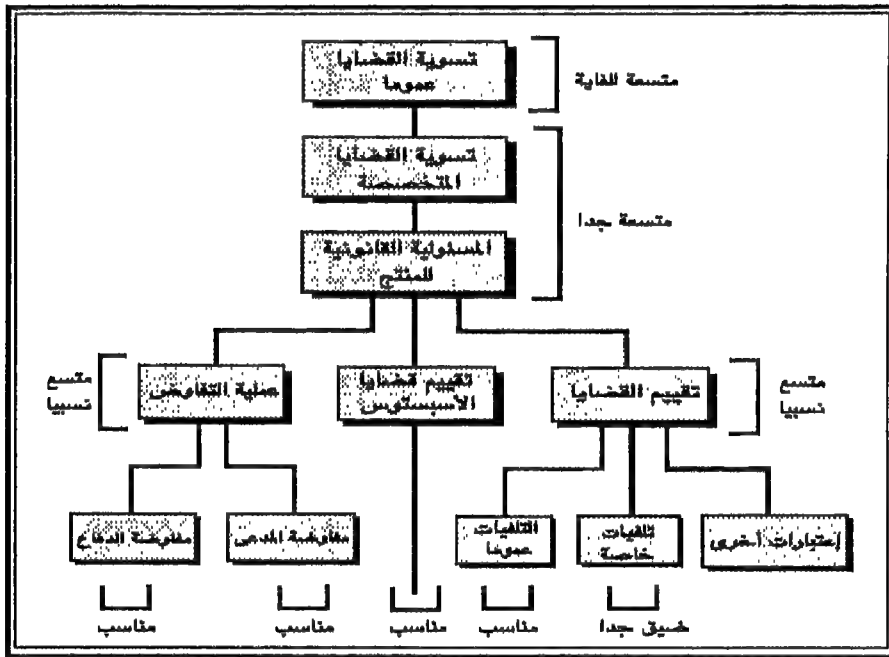
- دقة كاملة بمعنى إجابات بلا أخطاء كل الوقت.

- الدقة مهمة ولكن يمكن قبول بعض الأخطاء في الإجابات الأولية.

☐ هل الأمثلة التي تصف المشكلة كاملة ؟

## بناء النظام الخبير

- كاملة مائة بالمائة
  - كاملة تقريبا
  - تغطي بعض الاحتمالات الوارد حدوثها
  - مامدى قدرة المستخدم للنظام على إكتشاف الإجابات الخاطئة ؟
  - المستخدم قادر على اكتشاف الأخطاء
  - المستخدم غير قادر على اكتشاف الأخطاء
- وذلك بالإضافة إلى العديد من الأسئلة التي تعطى الإجابة عليها تصورا كاملا لدى حاجة المهمة المطلوبة لبناء نظام خبير.



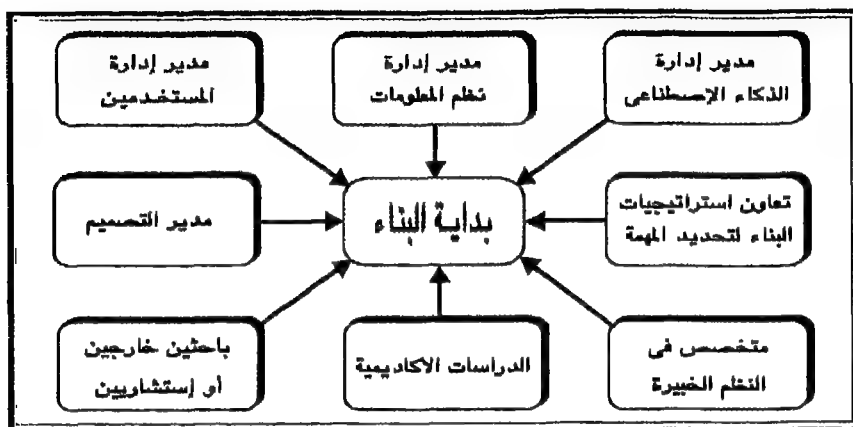
شكل ( ١١ - ٧ )

## ١١ - ٣ - ٤ بعض الإعتبارات الإدارية

هناك بعض الإعتبارات الإدارية التى يجب أخذها فى الحسبان عند الشروع فى بناء النظام الخبير منها توفر التمويل اللازم لعملية البناء والموارد المادية والبشرية بالإضافة إلى القيود القانونية

## بناء النظام الخبير

أو أى قيود يمكن أن تعجل بقبول المشروع وأخيراً تحديد المدير المسئول عن المشروع. انظر شكل (٨-١١)



شكل (٨-١١)

## ١١ - ٤ المرحلة الثانية : تحليل وتصميم النظام

بمجرد الموافقة على بناء النظام الخبير يجب إجراء عملية تحليل تفصيلي للنظام للوصول إلى الصورة التى سيكون عليها. ويستلزم لذلك إجراء العديد من المهام للوصول إلى نموذج مبدئي (Initial Prototype) يكون بمثابة نواة للنموذج الميداني (Field Prototype) ويمكن حصر هذه المهام فى الآتى :

- ١- التصميم العام للنظام.
  - ٢- اختيار إستراتيجيات التطوير.
  - ٣- اختيار مصادر المعلومات.
  - ٤- اختيار الموارد الحاسوبية.
  - ٥- إجراء دراسة الجدوى.
  - ٦- حساب التكلفة فى ضوء الفوائد المتوقعة.
  - ٧- اعتماد الخطة الكلية لمشروع البناء.
- وفيمابلى شرح موجز للمهام السابقة.

## ١١ - ٤ - ١ التصميم المفهومى للنظام ( Conceptual Design )

التصميم العام للنظام يشبه إلى حد كبير رسم تخطيطى معمارى ( Architectural Sketch ) لمنزل. فهو يعطيك إنطبعا عاما وفكرة شاملة مبدئية عن الشكل المأمول للنظام وعن كيفية حل المشكلة. ويعكس هذا التصميم القنرات العامة للنظام وكيفية الإتصال مع نظم معلومات أخرى مبنية على الحاسب ( Computer - Based - Information Systems ) وحجم المخاطرة عند بناء النظام والموارد المطلوبة وكيفية الربط بين المشاركين فى البناء وتصنيف هؤلاء المشاركين بالإضافة إلى أى معلومات أخرى قد تخدم عملية التصميم الشاملة مستقبلا. ويلعب الإستشاريون والمصممون بخبرتهم دورا حيويا فى هذه المرحلة حيث يقوم فريق التصميم بوضع التصورات المبدئية للنظام الجديد. وبمجرد الإنتهاء من هذا التصميم العام والمبئى للنظام يجب تحديد من هو المسئول عن تنفيذ المشروع.

## ١١ - ٤ - ٢ إستراتيجية تطوير النظام الخبير

هناك العديد من الإستراتيجيات العامة لتطوير النظم الخبيرة حددها فيدر وتوربان ( Vedder and Turban ) يمكن استخدام إحداها أو بعضها مجتمعة. من بين هذه الإستراتيجيات نوجز الطرق الآتية :

- ١ - اعتماد الهيئة على نفسها : هذه الإستراتيجية تتبعها معظم الهيئات التى لها الخبرة والمهارة اللازمة لبناء النظام والمكتسبة من تطوير نظم سابقة أو الهيئات التى تحرص على سرية المعلومات الخاصة بها.
- ٢ - إسناد المهمة إلى مطور خارجى : هذه النوعية من الإستراتيجيات تصلح للشركات التى ليس لديها الرغبة أو الموارد البشرية للقيام بمهمة بناء النظام الخبير كذلك ليس لديها معلومات سرية تخشى الإطلاع عليها. وهذه الإستراتيجية تقوم بإسناد المهمة إلى مجموعة إستشارية تبدأ فى دراسة إحتياجات ومتطلبات النظام وتقوم بإعداد تقرير مفصل عن مهمتها وتقدم توصيات ( Recommendations ) عن إمكانية بناء النظام وتطويره.
- ٣ - الدخول فى التجربة : وهى من الإستراتيجيات التى تفضلها الهيئات التى ترغب فى إكتساب خبرات فى مجال تطوير نظم الذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة.

## ١١ - ٤ - ٣ مصادر المعرفة

يمكن جمع كل مصادر المعرفة فى مجموعتين أساسيتين وهما المعرفة الموثقة ( Documented Knowledge ) والمعرفة غير الموثقة ( Undocumented Knowledge ) أو معرفة الخبير ( Expert's Knowledge ).

## بناء النظام الخبير

### ١- المعرفة الموثقة : تأتي المعرفة الموثقة من المصادر الآتية :

- المراجع ، ومنها نحصل على حقائق معينة حول موضوع ما والقواعد المرتبطة بهذه الحقائق.
- قواعد البيانات ، وفيها نجد بيانات قياسية ومعلومات حقيقية ناتجة من تشغيل القاعدة ، دراسات حالات ( Case Studies ) ، حقائق.
- مصادر أخرى : المذكرات ، التقارير ، الأفلام ، الصور ، المصادر السمعية والبصرية.

### ٢- المعرفة غير الموثقة :

هذه المعرفة موجودة في عقل الخبير وهي ناتجة من تراكم خبرات كثيرة في مجال معين. وهذه المعرفة يمكن أن تكون أكثر تعقيدا من المعرفة الموثقة ويمكن في أحوال عديدة التعبير عنها عن طريق الحدس ( Heuristics ).

وتستخدم النظم الخبيرة مصادر المعرفة بكل صورها . وكلما زادت حاجة المستخدم إلى الخبرة البشرية كلما زاد الوقت اللازم لاكتساب المعرفة اللازمة وظهرت الحاجة إلى مهندس المعرفة ( Knowledge Engineer ) كهمزة وصل بين النظام والخبير . كذلك هناك العديد من المعايير التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند الإستعانة بالخبير كمصدر للمعرفة منها : من الذي سيقوم باختيار الخبير ؟ ما هي الموصفات الواجب توافرها في الخبير ؟ ما هي خطة العمل عند الحاجة إلى أكثر من خبير ؟ كيفية حث الخبير على التعاون مع مهندس المعرفة ؟

ويبقى بعد كل هذه الصعوبات المصاحبة لاستخدام الخبرة البشرية كمصدر للمعرفة قدرة مهندس المعرفة على بناء قاعدة المعرفة اللازمة للنظام الخبير وهي مهمة صعبة وتحتاج إلى قدرات خاصة لأن هذه القاعدة ستكون بمثابة قلب النظام.

## ١١ - ٤ - ٤ اختيار الموارد الحاسوبية

في هذه المرحلة يتم اختيار البرمجيات ( Software ) والمكونات المادية ( Hardware ) المنوط بها إجراء العمليات الحاسوبية وعمليات الإستدلال والإستنتاج المنطقي والمساعدة في إتخاذ القرار وتشكيل قاعدة المعرفة و ... الخ. وبالنسبة للبرمجيات يتم اختيارها وفقا لعدة معايير هامة مثل قدرات البرمجة المتاحة ، نظام الحاسب المستخدم في تشغيل البرمجيات ، الحاسب المتاح لدى المستخدم ، لغة البرمجة وهل هي لغة ذكاء إصطناعي أو لغة برمجة نمطية ( Conventional Programming Language ).

وعادة يتم البدء بدراسة وتحليل قدرات البرمجة المتاحة لدى المؤسسة. إذا كان لديها فريق برمجة جيد يتم تحديد قدرته على البرمجة السريعة واللغة التي يستخدمها والأدوات المساعدة والمتاحة لعملية البرمجة والتي يمكن إستعمالها مع الحاسب الخاص بالمؤسسة وتجدر الإشارة إلى

## بناء النظام الخبير

أن برمجة نظام خبير باللغات النمطية يحتاج إلى كم هائل من عمليات البرمجة واختبار البرمجيات الناتجة وإزالة الأعطال منها وتعديلها و .. الخ.

أما الوسيلة السريعة والسهلة فهي استعمال لغة ذكاء إصطناعي مثل ليسب ( LISP ) أو برولوج ( PROLOG ) فهي تعطى كل القرارات والإمكانات اللازمة ولكن يجب التأكد من الآتى :  
هل هناك لغة ذكاء خاصة بالحاسبات المتاحة بالمؤسسة ؟ هل هذه اللغة تلائم وتغطي النطاق الذى تهتم به ؟ هل اللغة قادرة على إنجاز عملية بناء النظام الخبير بكفاءة ؟

### ١١ - ٤ - ٥ دراسة الجدوى ( Feasibility Study )

الجدول الآتى يحدد بعض الخطوط العريضة لدراسة الجدوى التى يجب القيام بها قبل بدء تنفيذ عملية بناء النظام الخبير.

<ul style="list-style-type: none"> <li>* تكلفة بناء النظام الخبير ( تحدد فى صورة عناصر ) .</li> <li>* تكلفة صيانة النظام .</li> <li>* مرتبات المشاركين فى النظام .</li> <li>* تحليل للمصروفات .</li> <li>* تكلفة المخاطر المحتملة ( مثل إعادة البناء ) .</li> </ul>	<p>جدوى إقتصادية ( Economic Feasibility )</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* متطلبات الإستدلال .</li> <li>* طرق الإدخال والإخراج فى الشبكات .</li> <li>* توفر البيانات والمعلومات .</li> <li>* سرية المعلومات العامة .</li> <li>* طريقة تمثيل المعرفة .</li> <li>* توفر البرمجيات والحاسبات ومدى التوافق بينهما .</li> </ul>	<p>جدوى فنية ( Technical Feasibility )</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* توفر الموارد البشرية .</li> <li>* الأولوية عند المقارنة بمشاريع أخرى .</li> <li>* تقديم المساعدات المطلوبة .</li> <li>* عمليات التنظيم والتشغيل .</li> <li>* الإدارة وخدمة المستخدم .</li> <li>* توفر الخبراء ومهندسى المعرفة .</li> <li>* القيود القانونية أو غيرها .</li> <li>* بيئة المستخدم .</li> </ul>	<p>جدوى التشغيل ( Operational Feasibility )</p>

### ١١ - ٤ - ٦ دراسة التكلفة فى ضوء الفوائد المتوقعة

يعتبر بناء النظام الخبير من الإستثمارات التى تقوم بها الهيئة المعنية بعملية البناء لذلك يجب تقييم حجم المنفعة المتوقعة فى ضوء تكلفة بناء النظام وهى دراسة معقدة بسبب طبيعة النظام الخبير المتغيرة دائما . وتحتاج دراسة التكلفة اللازمة لعملية البناء إلى تقييم لتكلفة

## بناء النظام الخبير

العناصر المشتركة فيه كل على حدة. وتبدأ أولاً بدراسة تكلفة أدوات البناء مثل لغة الذكاء الاصطناعي المتفق على استخدامها في بناء النظام الخبير. ثانياً تكلفة الحاسب المطلوب لتشغيل النظام وتكلفة الخبراء والاستشاريين الخارجيين بالإضافة إلى تكلفة المبرمجين ومهندسي المعرفة وتكلفة الوقت المستهلك في اختبار النظام وإزالة أعطال التشغيل ( Debug ) وصيانة وتحديث البرنامج.

ومن أهم العوامل التي تساعد على حساب تكلفة بناء النظام الخبير بطريقة واقعية ( Realistic ) هو حساب الوقت التقريبي اللازم لإتمام كل خطوة من خطوات عملية البناء. ومن المتوقع كما سبق أن ذكرنا أن تكون التكلفة التي تم حسابها تقريبية ولكن لا يمكن إغفال هذه الخطوة. ويمكن استخدام طريقة المقارنة بأنظمة أخرى تم بناؤها حتى يمكن الوقوف على تكلفة تقريبية للنظام المقترح. على سبيل المثال النظام الخبير الصغير والذي يحتوي على عدة مئات من القواعد يحتاج إلى شهور قليلة لبنائه ويحتاج من فردين إلى ثلاثة وتكلفته التقريبية تكون من ( \$ 10,000 ) إلى ( \$ 50,000 ). وعند استخدام لغة ذكاء اصطناعي ( Shell ) مكلفة على حاسب شخصي لبناء نظام خبير فإن التكلفة التقريبية تكون من ( \$ 60,000 ) إلى ( \$ 80,000 ) بفرض أن الخبراء الموجودين سيتولون مهام مهندسي المعرفة. وعند بناء نظام خبير كبير للعمل على حاسبات كبيرة ( Mainframes ) قد تزيد التكلفة اللازمة عن ( \$ 100,000 ).

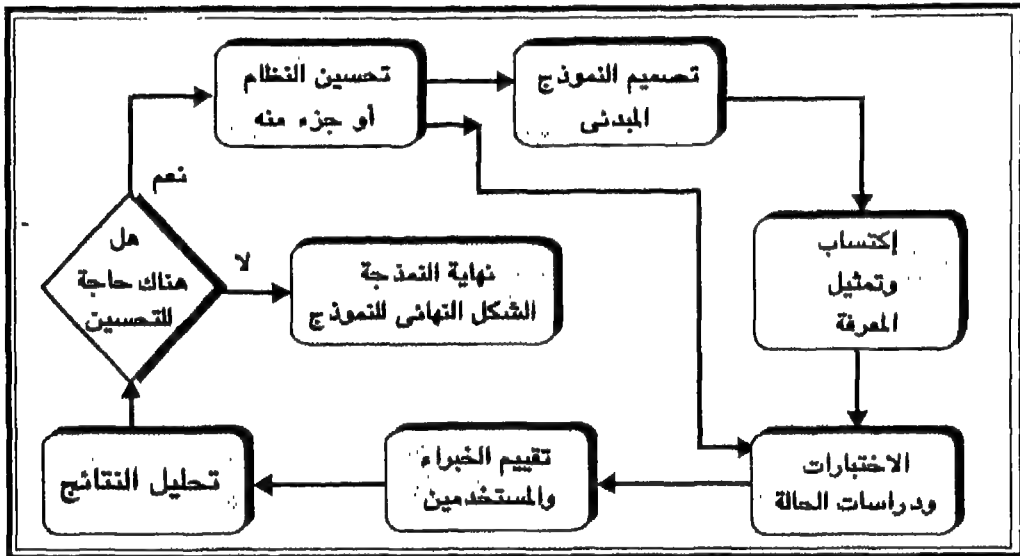
أما فيما يتعلق بتقدير الفوائد المتوقعة من النظام الخبير فهي مهمة أكثر صعوبة من تحديد التكلفة اللازمة لعملية البناء. وذلك لأن بعض هذه الفوائد غير محسوس ( Intangible ) كما أن بعض هذه الفوائد يظهر على المدى الطويل. وكذلك لأن تقدير الفوائد يشمل تقديرها كما وكيفاً أي كمية الفوائد ( Quantity ) المتوقعة ومدى جودتها ( Quality ). وتقدير الجودة من الصعوبة بمكان وخاصة عند وجود خدمات مرتبطة بالصناعة يؤتيها النظام الخبير.

ويمكن حساب الفوائد بدءاً بالفوائد المناسبة والملموسة فمثلاً إذا استخدم النظام الخبير لحل مشكلة خط إنتاج منتج معين يعطى عدداً محدداً من العينات التالفة فتكون بداية حساب الفوائد إنطلاقاً من عدد العينات التالفة بعد استخدام النظام الخبير ومدى انخفاض هذا العدد والفائدة المادية والمعنوية ( المتمثلة في سمعة الشركة ) المتوقعة.

أما إذا لم تتوفر نقطة بداية معينة لتقييم الفوائد يمكن استخدام أسلوب القيمة المادية للفوائد ( Dollar - Benefits Value ) أي حساب العائد المادي المقابل لتحقيق الفوائد من بناء النظام الخبير مثل زيادة الكمية المنتجة في وقت أقل والحد من كمية المواد المستهلكة وترشيد استخدامها وتحسين الخدمات نتيجة زيادة المعرفة في مجال خدمة المستخدم.

## ١١ - ٥ المرحلة الثالثة : النموذج المبدئي

النمذجة ( Prototyping ) من الأساليب شائعة الاستخدام عند بناء مختلف النظم الخبيرة وهى تعنى إنشاء نموذج مصغر للنظام الخبير بطريقة تساعد على تنفيذ عمليات الإستدلال بسرعة وبناء باقى أجزاء النظام بطريقة صحيحة. على سبيل المثال فى النظم المبنية على القواعد ( Rule - Based Systems ) يمكن أن يحتوى النموذج على خمسين قاعدة فقط ويمكن بناؤه باستخدام لغة ذكاء إصطناعى ( Shell ) وتستطيع هذه القواعد المحدودة تقديم إستشارات لها طبيعة محدودة.



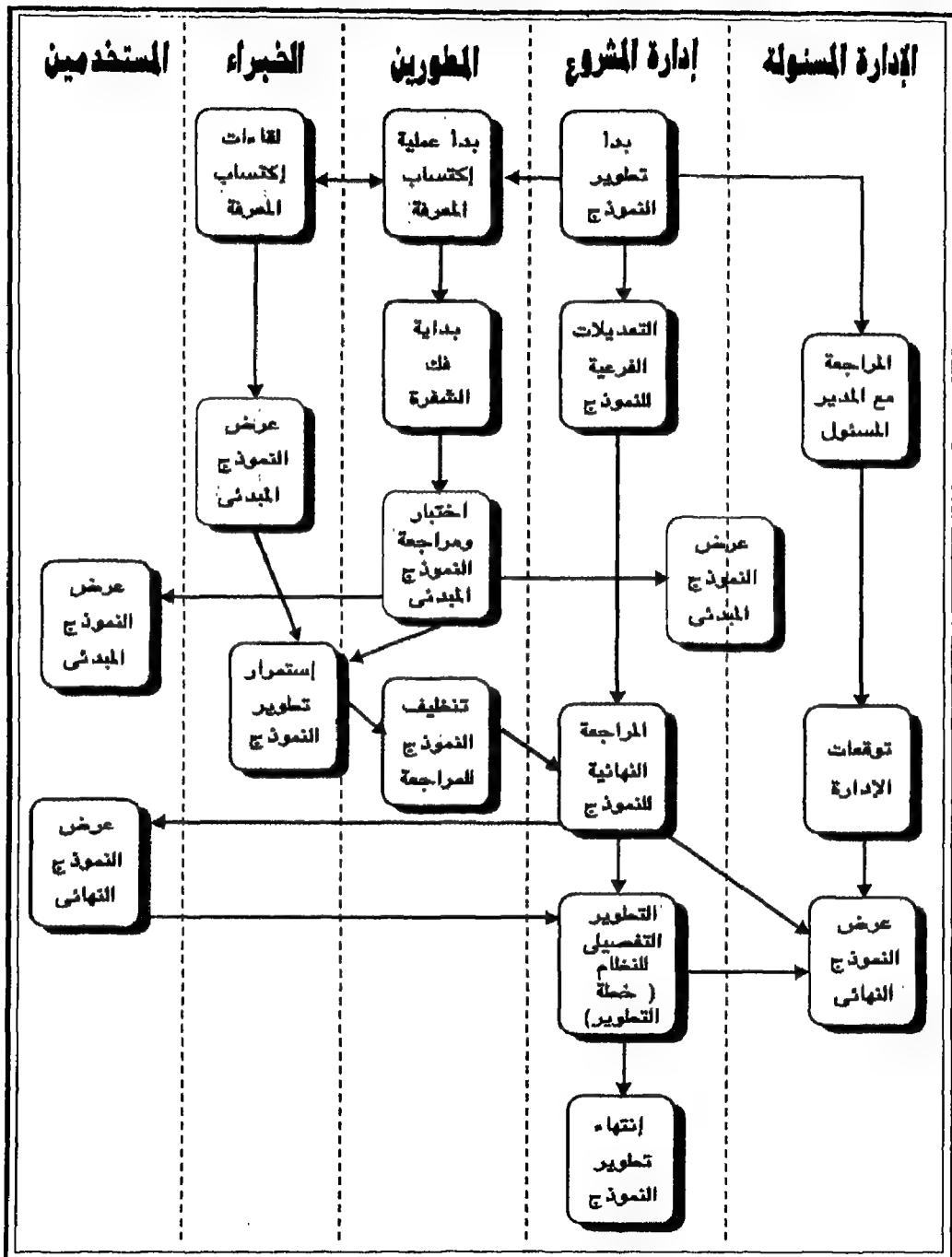
شكل ( ١١ - ٩ )

ويساعد النموذج فى تحديد شكل قاعدة المعرفة وتركيبها قبل البدء فى بناء المزيد من القواعد وماتستغرقه هذه العملية من وقت وجهد. والشكل ( ١١ - ٩ ) يوضح عملية بناء النموذج المبدئى. وتبدأ العملية بتصميم نظام صغير ويقوم المصمم بتحديد البيانات الخاصة بهذا النظام مثل عدد القواعد المستخدمة وحجم المعرفة المطلوبة و ... الخ ثم تتم عملية إكتساب المعرفة وتمثيلها فى النظام الخبير. يلى ذلك إجراء اختبار باستخدام حالات واقعية أو إفتراضية ( Hypothetical ) ثم يقوم الخبير بالحكم على النتائج بعد اختبار طريقة تمثيل المعرفة وكفاءة البرمجيات والحسابات المستخدمة. وأخيرا يسمح للمستخدم باختبار النظام ثم يبدأ مهندس المعرفة بعملية تحليل النتائج وفى حالة إقتراح تعديلات أو تحسينات يعدل تصميم النظام. ويمكن أن تكرر هذه الخطوات عدة مرات حتى يتم الوصول إلى النموذج النهائى له ( Final Prototype ). والشكل ( ١١ - ١٠ ) يوضح



## بناء النظام الجديد

المشاركين في إعداد النموذج والمهام القائمين بها. واختبار النموذج المبلى والموافقة عليه بعد بمثابة الضوء الأخضر لاستكمال تطوير النظام الخبير وهو ما يحدث في المرحلة الرابعة.



شكل ( ١١ - ١٠ )

## ١١ - ٦ المرحلة الرابعة : تطوير النظام

بمجرد الإنتهاء من إعداد النموذج المبني ( Initial Prototype ) والموافقة عليه من قبل الإدارة المسؤولة عن بناء النظام الخبير تبدأ عملية التطوير وفقا لخطة موضوعة مسبقا. وهناك العديد من الأساليب والمنهجيات التي يمكن بها تطوير النظام منها :

- ☐ الانتقال إلى النموذج الميداني ( Field Prototype ).
- ☐ استخدام طريقة دورة الحياة التركيبية ( Structured Life - Cycle ).
- ☐ استخدام الطريقتين معا.

ويعد حجم النظام ( Size ) وطرق إتصاله بالنظم الأخرى وديناميكية المعرفة واستراتيجية التطوير من المعايير التي تتحكم في اختيار أسلوب التطوير.

ويستخدم أسلوب النمذجة ( Prototyping ) النموذج النهائي والذي تم الإنتهاء منه في المرحلة الثالثة كنواة يتم اختبارها وتطويرها عبر العديد من المحاولات التكرارية ( Iterations ) بعدها يكون الشكل النهائي للنظام الخبير قد تبلور واكتمل.

أما الأسلوب الآخر فيستبعد النموذج الإبتدائي وتبدأ مراحل تصميم جديد يليها مراحل بناء النظام الخبير تبعا لأسلوب دورة الحياة ( Life - Cycle ). على سبيل المثال لو فرضنا أن بناء النموذج المبني قد تم باستخدام لغة ذكاء إصطناعي ( Shell ) وحاسب شخصي فإننا مع هذا نجد أن التطوير الفعلي للنظام قد تم باستخدام لغة أخرى على حاسب كبير.

وبصرف النظر عن الأسلوب المستخدم في عملية التطوير فإن هذه المرحلة تبدأ ببناء قاعدة المعرفة ( Knowledge Base ) ثم اختبار النظام ومراجعته وتحسينه. وتشهد هذه المرحلة أيضا بناء وسائل الإتصال ( Interfaces ) مع نظم أخرى مثل قواعد البيانات والمستخدمين. والشكل ( ١١ - ١١ ) يوضح المشاركين في عملية التطوير ودور كل منهم.



## بناء النظام الجدير

تقريباً كل الأمثلة ذات الحلول ( Problem - Solving Examples ) حتى يمكن تحديد كل الاحتمالات الناتجة ولهذا فإن معظم النظم الخبيرة يكون قادراً على تفسير سبب أو أسباب اختيار حل معين لمشكلة ما .

### ٢ - تعريف الحقائق المدخلة

الخطوة التالية هي عمل قائمة بكل البيانات اللازمة لتشغيل النظام. وهذه البيانات هي بمثابة الحقائق التي يدخلها المستخدم إلى النظام وذلك عن طريق الإجابة على بعض الأسئلة التي يسألها النظام الخبير على سبيل المثال قد يسأل النظام ماعمر ك ؟ فإذا كانت هناك قاعدة داخل النظام تنص على أنه ممنوع قيد من هم أقل من ١٨ سنة في جداول الانتخابات ، لذلك فإن إجابة المستخدم سيتم مقارنتها بجملة الشرط ( IF ) في القاعدة لبدء أو لاستكمال عملية البحث.

### ٣ - تحديد الإطار الخارجى ( Outline )

بالرغم من احتمالات علمك بالنتائج ( Outcome ) أو المخرجات وعلمك بالبيانات المطلوبة ( Input Data ) فقد تجد صعوبة في كتابة القواعد لأن نطاق المعرفة الكبير والمعقد يحتاج إلى عملية تنظيم إضافية وخير طريقة لإنجاز ذلك هي تحديد الإطار الخارجى ( Outline ) أى عن طريق تصنيف وتقسيم المعرفة في تركيب هرمى ( Hierarchy ).

### ٤ - رسم شجرة القرارات ( Decision Tree )

بالنظر إلى عناصر المعرفة نجد أنها تكون منظومة في صورة شجرة. وهذه الصورة تسهل من عمليات المعالجة بحيث يمكن استخدام عنصر معين مباشرة لاتخاذ القرار أو المساعدة في عملية البحث. وفي قواعد المعرفة الكبيرة والتي لا نستطيع رسم شجرة قرارات لها يمكن تجزئتها إلى نطاقات صغيرة ورسم شجرة لكل نطاق على حدة.

### ٥ - تطوير البرمجيات

بمجرد كتابة القواعد يمكن إدخالها في البرنامج لبناء نموذج صغير لاختبار قاعدة المعرفة. وعند نجاح النموذج يمكن إستكمال عملية إدخال باقى القواعد بثقة كاملة فى الأداء المستقبلى للنظام.

## ١١ - ٦ - ٢ اختبار وتحقيق وتصحيح وتحسين النظام

فى هذه المرحلة يتم اختبار النموذج المطور للنظام وتقييمه معملياً وميدانياً وتبدأ عملية الإختبار باستخدام النظام لحل حالات معينة سابقة ومعروفة الحل أو عينة من حالات اختبار يقدمها المستخدم. وينتج عن عملية تقييم النظام إضافة قواعد جديدة أو تعديل قواعد موجودة

## بناء النظام الخبير

ويجب الأخذ في الاعتبار تأثير هذه الإضافات أو التعديلات على أداء باقى أجزاء النظام حتى يحدث توافق بين القواعد الموجودة. ومن الطرق المستخدمة لتقييم النظام الخبير مقارنة أدائه بقرار يتخذه خبير فى مشكلة محددة وتتم عملية المقارنة عن طريق مجموعة من المنبرين بعرض الحلول عليهم دون معرفة أى من الحلول خاص بالنظام وأى منها خاص بالخبير. وقد يحدث اختلاف فى الآراء ولكن تبقى حقيقة واقعة لا تنتظر الحكم وهى أن الوقت اللازم لتنفيذ المهام المطلوبة باستخدام النظام الخبير يكون عادة أقل بكثير من الوقت اللازم لإنجازها بالقدرة البشرية. وحتى بعد أن يثبت النظام الخبير كفاءة وقدرة على حل المشاكل يجب إجراء بعض التحسينات اللازمة بعد كل حالة جديدة أو عند حدوث تغييرات فى البيئة ( Environment ) وهذه التحسينات ينتج عنها قواعد جديدة. وبعد إجراء التحسينات تتم عملية التقييم وتكرر هذه العملية طوال فترة تشغيل النظام.

## ١١ - ٧ المرحلة الخامسة : التنفيذ ( Implementation )

مرحلة تنفيذ النظام الخبير مرحلة طويلة ومعقدة وسوف نوجز فيما يلى بعض المهام الخاصة بهذه المرحلة :

### ١ - قبول المستخدم للنظام ( Acceptance by the User )

ليس بالضرورة أن يقبل المستخدم النظام حتى لو كان قادرا على إنجاز بعض المهام فى وقت أقل من الإنسان لأن قبول المستخدم للنظام يعتمد على عدة معايير سلوكية وذهنية ( Psychological ) ومن الأهمية بمكان أن يتوفر جو من القبول لدى القاعدة العريضة من المستخدمين للنظام الخبير.

### ٢ - طرق تشغيل النظام

بمجرد وصول النظام إلى مستوى مقبول من الإستقرار والجودة يصبح جاهزا للاختبار الميدانى ( Field Test ). وهذا المستوى يمكن تحديده فى النظم المبنية على القواعد بتحقيق ( ٧٥ ٪ ) من الحالات وبمعدل خطأ أقل من ( ٥ ٪ ). وطرق التشغيل تعتمد على الظروف الموجودة على سبيل المثال يمكن استخدام نظام خبير بالتوازي مع الخبير لمدة ستة شهور.

## بناء النظام الخبير

### ٣ - العرض ( Demonstration )

يجب الإهتمام باستعراض قدرات النظام الخبير للمستخدم لأن ذلك يضيف رصيدا كبيرا من قبول القاعدة العريضة للمستخدمين للنظام الجديد.

### ٤ - أشكال التوظيف ( Modes of Deployment )

هناك العديد من أشكال توظيف النظم الخبيرة. فالنظام النهائى يمكن تسليمه للمستخدم كنظام مغلق ( Turnkey ) يعمل مستقلا ( Stand - Alone ) ويمكن تشغيله ككيان مستقل ( Separate Entity ) ولكن متصل ببيئة المستخدم. أو يمكن اعتبار النظام جزءا من نظام آخر ( Embedded ) ويمكن تشغيله كخدمة ( Service ) للرد على إستفسارات المستخدمين وإمدادهم بالبيانات اللازمة وخاصة فى الأماكن النائية. ويمكن أن يكون النظام متاحا للاستخدام طوال اليوم أو فى ساعات محددة من اليوم والنظام الواحد يمكنه خدمة مستخدم واحدة أو عدة مستخدمين فى مكان واحد أو عدة أماكن.

### ٥ - التدريب ( Training )

يجب على مصممى النظام الخبير التخطيط الجيد للتدريب عليه وذلك تبعا لطريقة توظيفه. وإذا كانت مسئولية صيانة النظام تقع على المستخدم فإن عملية التدريب فى هذه الحالة تكون مكثفة نوعا ما.

### ٦ - التامين ( Security )

من الإعتبارات الهامة عند تصميم وتنفيذ النظام الخبير توفير وسائل حماية المعلومات والمعارف داخل النظام لأنها تمثل ثروة متزايدة من المعرفة للهيئة المستخدمة للنظام. وتهدف حماية النظام إلى حماية البرمجيات وتوفير ظروف تشغيل غير معوقة للمستخدم وفرض قيود على أى شخص غير مصرح له باستخدامه ومنع نقل أجزاء من النظام بطريقة غير شرعية.

### ٧ - التوثيق ( Documentation )

يجب أن تشمل مرحلة تنفيذ النظام الخبير وسيلة مناسبة للتوثيق. على سبيل المثال فإن كل برنامج فى النظام يجب أن يكتب له تقرير يوضح فيه عمل كل جزء منفصل ( Module ) من أجزاء البرنامج، المدخلات، المخرجات وهكذا. وهناك نوعان من الوثائق التى تشتمل على خصائص النظام

## بناء النظام الخبير

والمشغلين والمستخدمين وهما الوثائق المطبوعة ( Manuals ) والوثائق الإلكترونية ( On-line Documentation ) وقد يكون هناك أكثر من مستوى للتوثيق حسب حجم النظام.

### ٨ - الإختبار الميدانى ( Field Testing )

إذا كان النظام الخبير من النوع الذى يعمل مستقلا ( Stand - Alone ) يمكن إجراء اختبار ميدانى له أما النظام الذى يعمل بالتكامل مع نظم أخرى فيمكن إجراء اختبار ميدانى له بعد إضافته إلى نظام المعرفة المبني على الحاسب. والإختبار الميدانى هام جدا لأن الظروف الميدانية قد تختلف كثيرا عن الظروف المعملية. وأوجه الاختلاف يمكن أن تكون فى نوع الحاسبات المستخدمة من حيث سعة التخزين ووقت المعالجة ( Processing Time ) والتوافق بين الحاسب والبرمجيات وأيضا الإختلاف بين المشغلين للنظام فى المعمل والمسؤولين عنه فى الميدان والإختلاف الجوهرى بين حالات الإختبار فى المعمل وحالات الإختبار الميدانية التى تنتمى إلى العالم الحقيقى وأخيرا يحدث دائما إختلاف بين وقت الإستجابة ( Response Time ) فى المعمل عنه فى الإختبار الميدانى. وهى الغالب يستغرق الإختبار الميدانى عدة شهور نظرا لانشغال الخبير دائما بحيث لا يستطيع إعداد التحسينات فى فترة وجيزة.

### ١١ - المرحلة السادسة : ما بعد التنفيذ ( Post implementation )

هناك العديد من المهام التى يجب إجراؤها بمجرد تسليم النظام للمستخدم. أهم هذه المهام تشغيل النظام ، صيانة النظام ، تحديث النظام ، توسيع نطاق النظام وتقييم النظام وفيما يلى نبذة مختصرة عن كل من هذه المهام :

#### ١ - التشغيل : ( Operation )

بمجرد تسليم النظام الخبير يتم تكوين مجموعة تشغيل للنظام (System Operation Group)، أو مجموعات تشغيل إذا كان هناك العديد من مواقع التشغيل ، ويجب البدء فى تدريب هذه المجموعات على عمليات التشغيل. وإذا كان المستخدم هو الذى سيتولى تشغيل النظام فيجب تكوين مجموعة لتدريب المشغلين ويجب الأخذ فى الاعتبار تقديم المساعدات فى المشاكل التى تواجه المشغلين. وكذلك يجب تقديم وثائق كاملة لعملية التشغيل. وفى حالة إشتراك النظام الخبير كجزء من نظام آخر يجب تدريب المشغلين لهذا النظام على إجراءات التشغيل الجديدة.

## ٢ - الصيانة ( Maintenance )

من المجموعات التي تتكون أيضا بعد بداية التشغيل مجموعات الصيانة والتي تتولى حل المشاكل التي تظهر أثناء التشغيل كذلك مراجعة البيانات والمعرفة التي تم تعديلها داخل قاعدة المعرفة. ويشترك خبير المجال ( Domain Expert ) في عملية الصيانة لأن التعديل قد يحدث في طريقة تشغيل المعرفة أو في المعرفة نفسها مما يستدعي وجود خبير المجال حتى وإن اقتضت مهمته على الإستشارة. ويمكن أن تكون الصيانة مركزية ( Centralized ) لحزم البرامج ينتج عنها إصدارات جديدة ومعدلة لهذه الحزم من مصدر واحد، أو تكون الصيانة موزعة ( Distributed Maintenance ) وينتج عن ذلك تعدد مصادر إصدارات حزم البرامج الجديدة المعدلة ولكنها غير قياسية ( Not Standard ).

وفي الحالة التي يكون فيها النظام الخبير جزءا من نظم أخرى ( Embedded System ) فإما أن تتولى مجموعة الصيانة خدمة النظام ككل أو تتم صيانة منفصلة للنظام الخبير وفي هذه الحالة يتم التنسيق بين مجموعة الصيانة الكلية للنظام ومجموعة صيانة النظام الخبير.

## ٣ - التوسيع ( Expansion )

تجرى عملية توسيع نطاق النظام الخبير باستمرار ويشمل التوسيع إضافة كل المعارف الجديدة والمعلومات والقدرات الجديدة عندما تصبح متاحة بما في ذلك إمكانية الإتصال والتكامل مع نظم أخرى.

## ٤ - التقييم ( Evaluation )

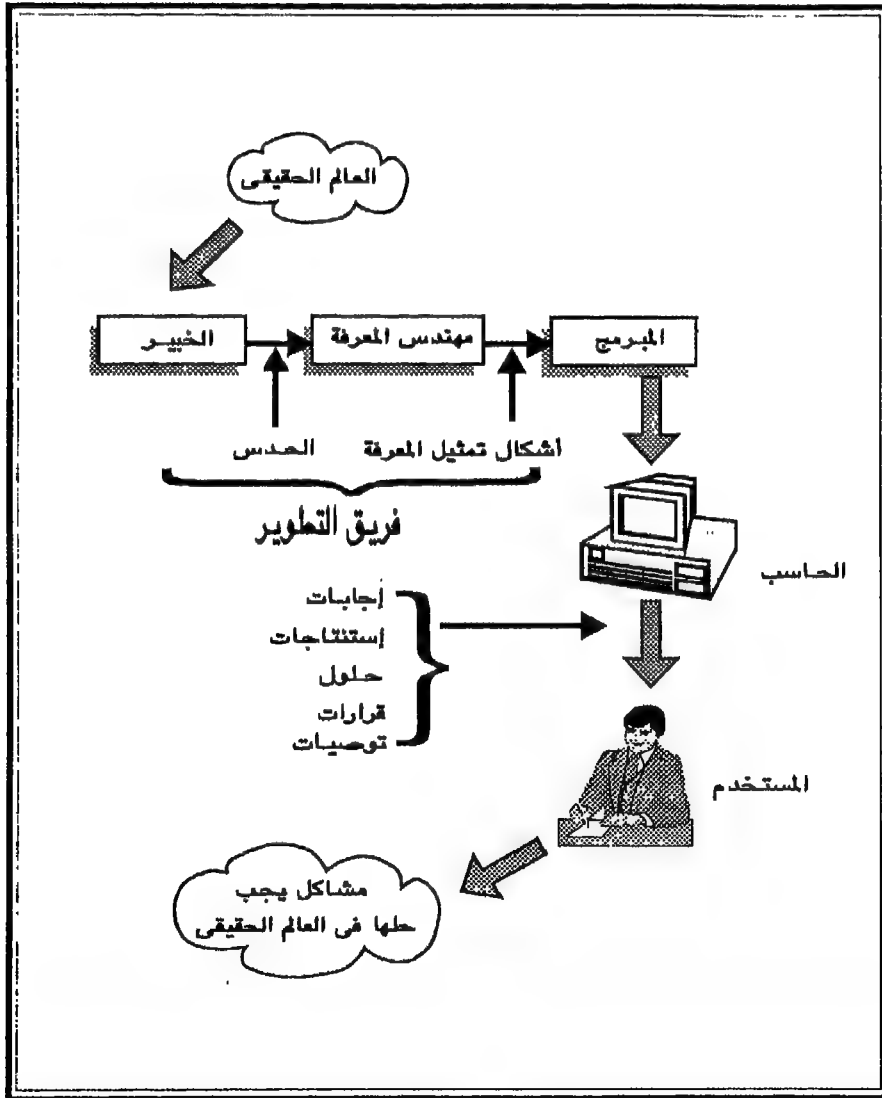
تتم عملية تقييم النظام الخبير بانتظام كل ستة شهور أو سنة وخلال تقييم النظام يتم الإجابة على مثل هذه الأسئلة :

- ☐ ماهي التكلفة الحقيقية للإحتفاظ بالنظام مقارنة بالفوائد الناتجة عن وجوده ؟
- ☐ هل تتم عملية الصيانة بانتظام وبطريقة تسمح بالإحتفاظ بآخر ماوصلت إليه المعرفة في مجال النظام ؟
- ☐ هل النظام متاح لكل المستخدمين ؟
- ☐ هل هناك زيادة في معدل قبول المستخدمين للنظام ؟



## ١١ - ٩ إعداد فريق التطوير

يتم تطوير النظم الخبيرة دائما عن طريق فريق تطوير جزء من اعضائه يشارك فى المراحل الخمسة الأولى للتطوير والجزء الآخر يشارك فى المرحلة السادسة والأخيرة. ويتكون فريق التطوير من الخبير ومهندس المعرفة والمبرمج كما يتضح من الشكل (١١ - ١٢). ويمكن أيضا إشترك المستخدم مع أحد المتخصصين فى نظم المعلومات.



شكل (١١ - ١٢)

## بناء النظام الخبير

وتحتاج عملية التطوير إلى تعاون كبير واتصال مستمر بين أفراد مجموعة التطوير وصولاً إلى أحسن وأفضل أساليب التطوير. ويزداد عدد المشاركين في فريق التطوير كلما زاد حجم النظام وهذه الزيادة تعنى الحاجة إلى تنظيم أفضل وإدارة واعية لتحقيق نظام خبير قادر على العمل في الظروف المختلفة.

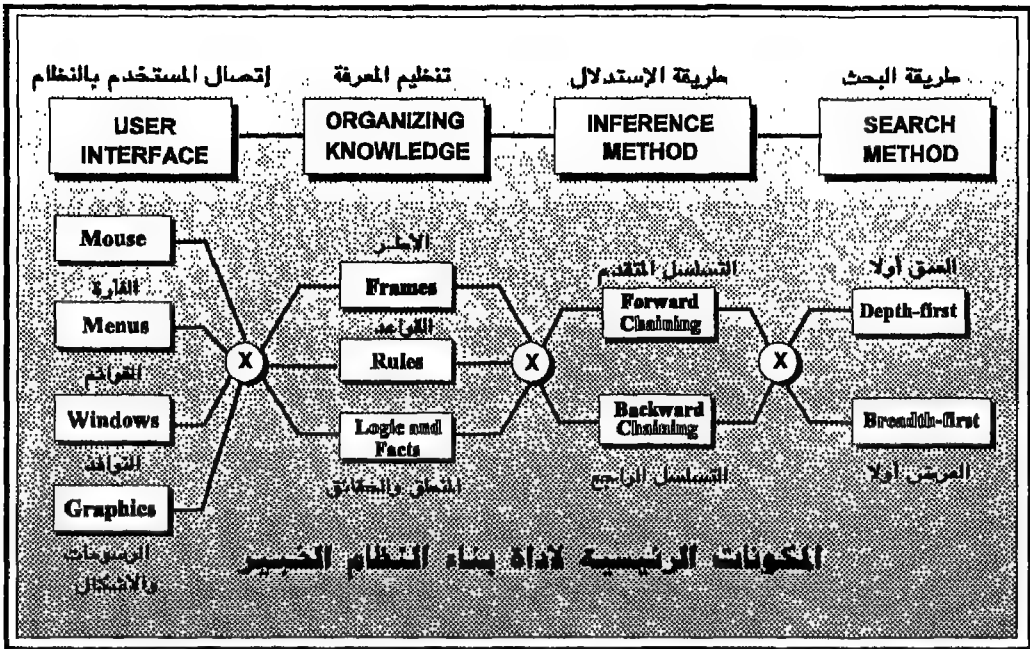
وتحتوى معظم فرق التطوير على مدير مسئول للمشروع ورئيس للمشروع وهو متخصص يكون مسئولاً عن إدارة المشروع للوقوف على مدى الإنجاز اليومي أثناء عملية التطوير.

## ١١ - ١٠ اختيار أداة بناء النظام الخبير

يعتبر اختيار الأداة المناسبة لبناء النظام الخبير أحد القرارات الصعبة التي يلزم اتخاذها عند بناء النظام الخبير. وسبب هذه الصعوبة أن أداة بناء النظام الخبير تكون مصممة عادة للتعامل مع نوعية محددة من المشاكل والتطبيقات. وحتى يمكن تحديد الأداة المناسبة لبناء النظام الخبير فإنه لابد من معرفة الهيكل الأساسي ومكونات أى أداة يمكن استخدامها لبناء نظام خبير. ويوضح شكل (١١ - ١٣) المكونات الرئيسية لأى أداة لبناء النظام الخبير وهي ما يطلق عليها عادة "الحزم الجاهزة لبناء النظام الخبير" (Expert System Development Packages) وتشمل هذه المكونات كما يتضح من الشكل وسيلة تعامل المستخدم مع أداة البناء من خلال الحاسب، والأساليب المستخدمة لتنظيم المعرفة، وطرق الاستدلال المنطقي بالإضافة إلى طرق البحث.

ومن المؤسف حقاً أن هناك العديد من النظم الخبيرة التي تم بناؤها دون اختيار الأداة المناسبة لها. وذلك لأن أسلوب الاختيار كان يتم لأسباب عديدة لا يدخل فيها مدى ملائمة أداة البناء المستخدمة لنوع المهمة المصمم من أجلها النظام الخبير. ومن هذه الأسباب وأكثرها إنتشاراً هو اختيار مهندس المعرفة لها لمجرد معرفته التامة بها وكيفية استخدامها. ومن الأسباب الأخرى أن تكون الأداة المستخدمة هي أفضل المتاحة وتعمل بكفاءة على جهاز الحاسب الموجود لدى القائم ببناء النظام الخبير.

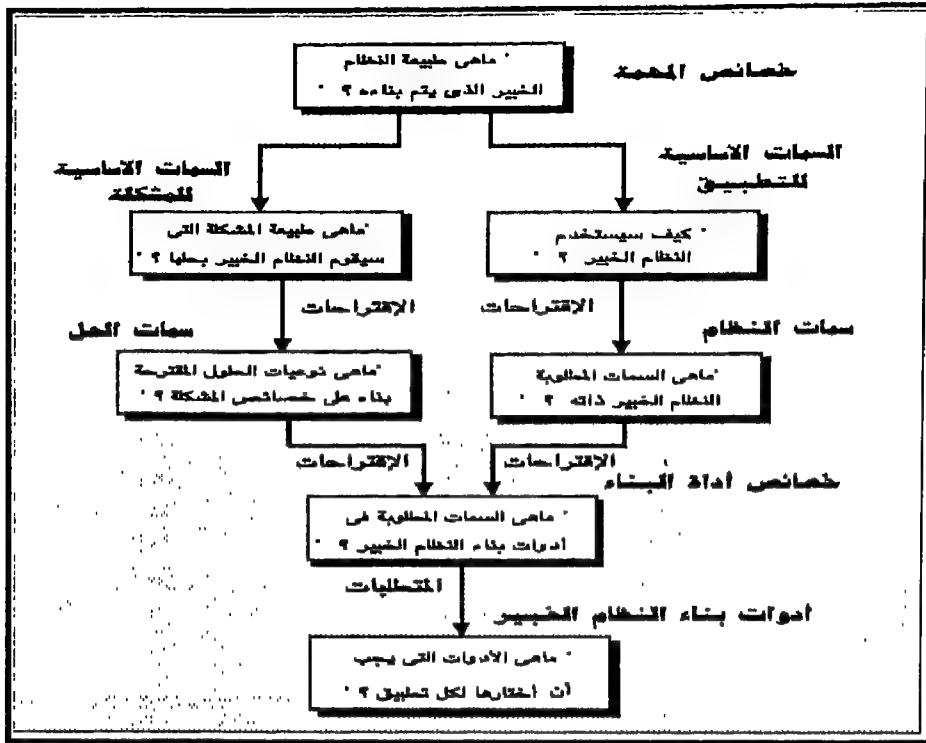
ورغم أنه ليست هناك إجابة سهلة لكيفية اختيار أنسب أداة لبناء نظام خبير معين إلا أنه يمكن إقتراح بعض الخطوط العريضة التي تساعد في تحديد الأداة المناسبة لأداء تطبيق محدد أو تحقيق هدف معين مطلوب له النظام الخبير. فهناك عادة ستة أسئلة رئيسية يتم التعرض لها عند اختيار الأداة المناسبة لبناء أى نظام خبير، وهذه الأسئلة تتلخص فيما يلي :



شكل ( ١١ - ١٣ )

- ١ - هل توفر الأداة المختارة لفريق بناء النظام القوة والقدرة ودرجة التعقيد والصعوبة المطلوبة ؟
  - ب - هل الإمكانيات المساعدة لأداة بناء النظام مناسبة مع الوضع في الاعتبار الوقت المتاح لبناء النظام الخبير المطلوب ؟
  - ج - هل يمكن الاعتماد على هذه الأداة ؟
  - د - هل أداة البناء تتوفر بها السمات والخصائص الأساسية والتي تفرضها طبيعة واحتياجات المشكلة المراد حلها بواسطة النظام الخبير ؟
  - هـ - هل أداة البناء تتوفر بها السمات والخصائص الأساسية والتي تفرضها الاحتياجات المقترحة للتطبيق المطلوب ؟
  - و - هل أداة البناء المختارة لها صفة الإستمرارية بتوفر إمكانيات التطوير والتعديل بها ؟
- أنظر شكل ( ١٤ - ١١ )

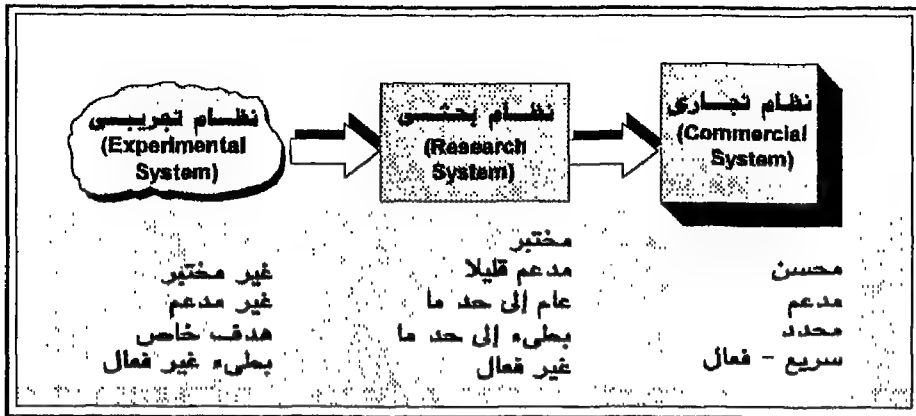
## بناء النظام الخبير



شكل ( ١١ - ١٤ )

ونظرا لأن بناء النظام الخبير يحتاج إلى الوقت والمال والعنصر البشري والأجهزة المادية ( Hardware ) المناسبة ، فإن كل ذلك يؤثر على اختيار الأداة المطلوبة. وهذه العناصر تؤثر بالأخص في اتخاذ القرار الخاص بنوعية الأداة المختارة فيما إذا كانت لغة برمجة من لغات الجيل الخامس ( مثل ليسب ( LISP ) أو برولوج ( PROLOG ) أو حزمة برامج جاهزة ( Expert System Package ) مثل كي ( KEE ) أو بريزم ( PRISM ) ). ومن البديهي أن لغات البرمجة تعطي مرونة أكبر ولكنها تحتاج إلى مجهود أكبر ومهارة عالية ووقت أكثر لبناء النظام الخبير المطلوب. وعلى الجانب الآخر فإن حزم البرامج الجاهزة توفر مرونة أقل لبناء النظام الخبير المطلوب كما أن عملية البناء نفسها تتميز بالسهولة ، ولكنها قد لاتسفر عن قدر كبير من التحكم مثل المتاح عند استخدام لغة برمجة في البناء. وكما سبق الإشارة إليه فإن النظام الخبير لا يصل إلى المنتج النهائي ( النظام التجاري ) إلا بعد مروره بمنتجات مبدئية ووسيلة أنظر شكل ( ١١ - ١٤ ). ويمكن إجمال هذه المنتجات في ثلاثة إطارات وهي نظام تجريبي ( Experimental System ) ، ونظام بحثي ( Research System ) ونظام تجاري ( Commercial System ) ، وذلك كما يتضح من الشكل ( ١١ - ١٥ ) ونتيجة لذلك فإنه في كثير من الأحيان يتم استخدام أكثر من وسيلة بناء للوصول إلى النظام النهائي المطلوب وهو النظام التجاري.

## بناء النظام الخبير



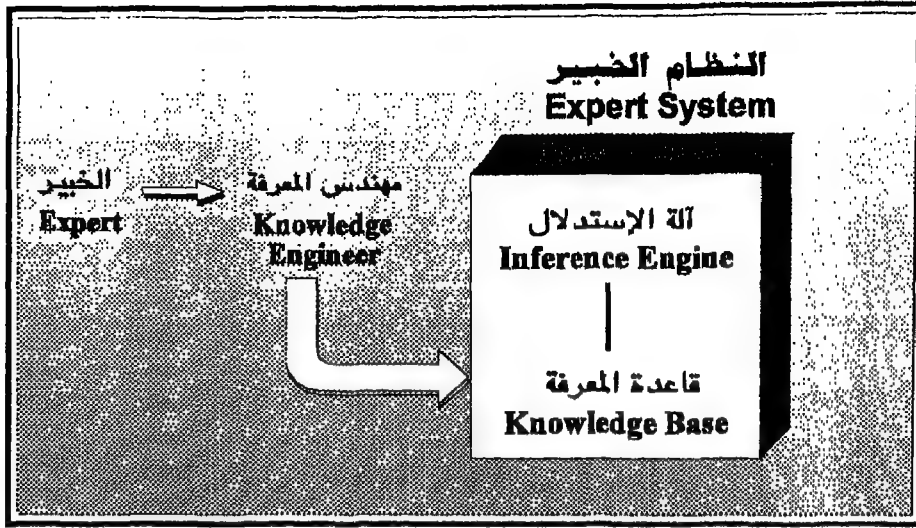
شكل ( ١١ - ١٥ )

## ١١ - ١١ إكتساب المعرفة من الخبراء

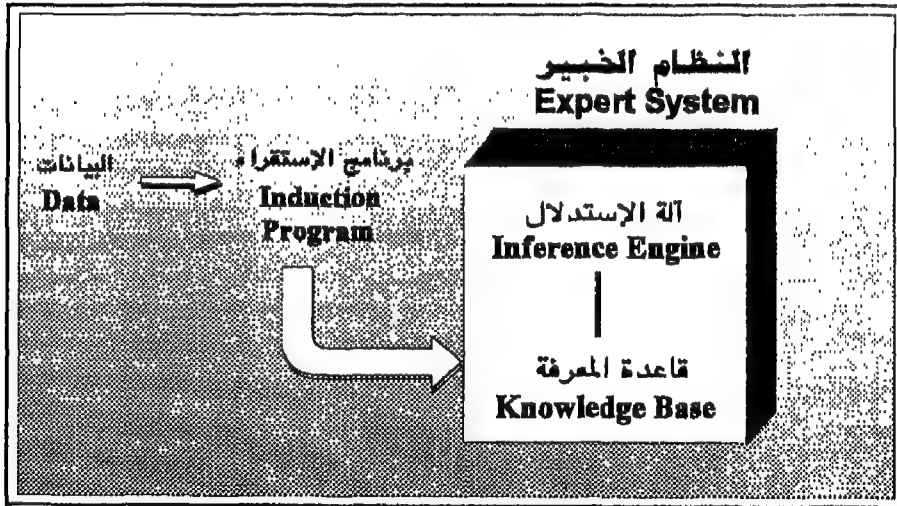
تأخذ المعرفة في مجال معين أشكالا متعددة. ومن النادر أن تكون هذه المعرفة في شكل يسمح بسهولة تحويلها إلى قاعدة معرفة ( Knowledge Base ) في نظام خبير. ولذلك فإن عملية إستخلاص المعرفة من الخبير أو من مصدر آخر من مصادر الخبرة وتحويلها إلى قاعدة للمعرفة ( Knowledge Base ) تعتبر من أهم وأصعب المشاكل التي تواجه بناء النظام الخبير، ويطلق على هذه العملية " إكتساب المعرفة " ( Knowledge Acquisition )، وهي تعتبر عنق الزجاجة في بناء النظام الخبير. وتبرز هنا طبيعة عمل مهندس المعرفة ( Knowledge Engineer ) بالعمل مع خبير المجال ( Domain Expert ) وذلك لتحويل خبرته إلى الصورة التي يمكن وضعها في قاعدة المعرفة ( Knowledge Base ).

والمعرفة التي يحتويها أي نظام خبير يمكن إكتسابها بطرق عديدة، أحدها بالطبع إكتسابها مباشرة من خبير المجال بواسطة مهندس المعرفة وذلك كما يتضح من الشكل ( ١١ - ١٦ ). ونظرا لأن الخبير عادة يكتسب معرفته من الخبرة السابقة ( Past Experience ) والكتب والمراجع والتي تحتوي على بيانات خاصة بالمجال، فإن هناك أملا كبيرا في إمكانية قيام برنامج إستقراء ( Induction Program ) ببناء قاعدة المعرفة لنظام خبير يقوم باستخلاص ما يريده من معارف من البيانات المتوفرة عن المجال والتي عادة تكون مخزنة في حاسبات إلكترونية تقوم بمعالجتها وذلك كما يتضح من الشكل ( ١١ - ١٧ ).

## بناء النظام الخبير



شكل ( ١٦ - ١١ )

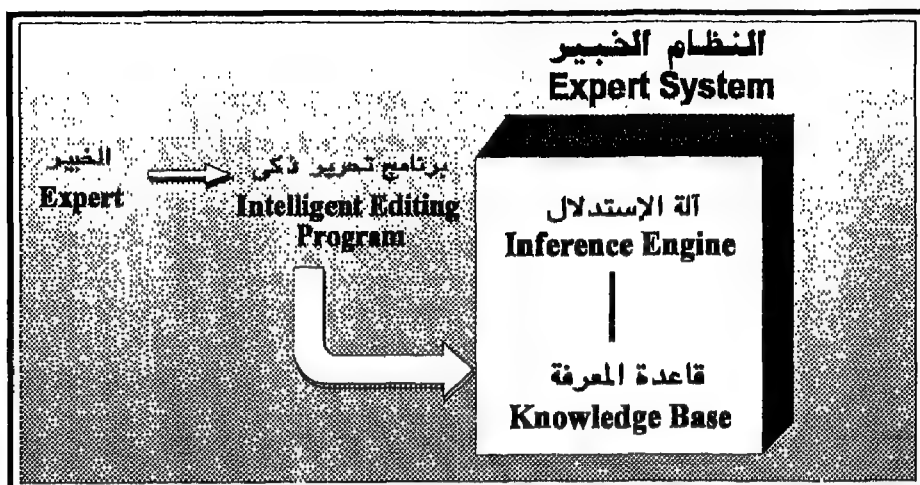


شكل ( ١٧ - ١١ )

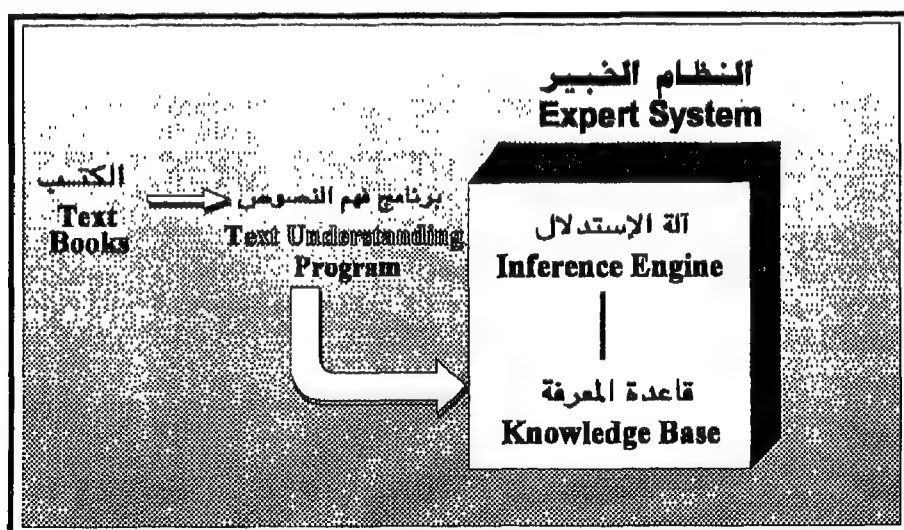
وهذا الأمل يعزز الصعوبة الكبيرة عادة في وجود خبير للمجال متاح في جميع الأوقات التي يتم بناء قاعدة المعرفة خلالها. وفي كثير من الحالات يكون لخبير المجال دراية بالحاسبات وفي هذه الحالة يتم الإستغناء عن مهندس المعرفة ويقوم الخبير بالتعامل مباشرة مع النظام الخبير لبناء قاعدة المعرفة وذلك من خلال برنامج تحرير يتسم بالذكاء ( Intelligent Editing Program ) وذلك كما يتضح من الشكل ( ١١ - ١٨ ). وهناك أسلوب أخير لاكتساب المعرفة والذي يمكن أن يكون

## بناء النظام الخبير

مجديا فى المستقبل وخاصة بعد وصول التقنية الخاصة بالذكاء الإصطناعى إلى مرحلة النضج وهو أسلوب إكتساب المعرفة من الكتب والمراجع مباشرة باستخدام برامج فهم النصوص وذلك كما يتضح من الشكل ( ١١ - ١٩ ).



شكل ( ١١ - ١٨ )



شكل ( ١٩ - ١١ )

## ١١ - ١٢ البحث عن خبير المجال

خلال هذا الفصل تم التعرض لبناء النظام الخبير مع الوضع فى الإعتبار وجود خبير بشرى فى المجال المطلوب وافترض سهولة إستخلاص معرفته وخبرته ولكن للأسف الشديد يعتبر ذلك حالة

## بناء النظام الخبير

نادرة الحدوث. فأولا ، من الصعب عادة تحديد من هو الخبير الحقيقي والفعلى والذى يمكن الإعتماد عليه. وهذه المشكلة تتفاقم خاصة إذا كان القائم ببناء النظام الخبير ليست لديه إلا معرفة طفيفة بالمجال المطلوب استخدام النظام الخبير فيه. وثانيا ، من الطبيعى وجود أكثر من خبير فى المجال لهم آراء متعارضة ومتناقضة لنفس التساؤل فى الموضوع المطروح أمامهم ، مما يجعل من الصعوبة تحديد ما هو الرأى الأصوب كإجابة على التساؤل المطروح.

وعندما تختلف آراء الخبراء فى موضوع معين فإنه يمكن عادة اختيار أحد ثلاثة خيارات. أولا ، يمكن اختيار أحد الخبراء والإلتزام بآرائه هو فقط وتجاهل آراء باقى الخبراء ، وذلك بالطبع أسهل الخيارات ولكنه بالقطع قد يؤدى إلى معلومات خاطئة ( Erroneous Information ). والخيار الثانى هو إيجاد متوسط ( Average ) للمعلومات مع بعضها البعض ، وبمعنى أدق هو محاولة استخدام المعلومات التى يتفق بشأنها الخبراء. ورغم أن هذه الطريقة ليست بسهولة الخيار الأول ، فإنه يمكن أداؤها دون مشاكل كبيرة ، ولكن يعيبها أن قاعدة المعرفة لاتحتوى المعرفة الكاملة لأى من الخبراء. والخيار الثالث والأخير هو وضع معرفة جميع الخبراء بخصوص الموضوع المطلوب فى النظام الخبير مع ترك الحرية للمستخدم فى اختيار ما يناسبه ، كما يمكن إضافة معامل ثقة ( Certainty Factor ) أو معامل مصداقية لكل رأى ، ويقوم النظام الخبير فى هذه الحالة إما باختيار الرأى ذى معامل الثقة الأعلى ، أو إستنتاج رأى وسط يجمع بين الآراء المختلفة إذا كان ذلك ممكنا ، وفى هذه الحالة يكون معامل الثقة الناتج هو متوسط معاملات الثقة لجميع الآراء المطروحة. ومن الصعوبات الشائعة التى تواجه بناء النظام الخبير أن معظم الخبراء لا يعرفون عادة ما يعلمونه على وجه التحديد ، فهم لا يستطيعون افراغ ما فى ذاكرتهم بنفس الطريقة التى يقوم فيها الحاسب بإفراغ ما فى ذاكرته دفعة واحدة. ولذلك فإنه يمكن أن يكون من الصعب إستخلاص جميع المعلومات الحيوية المطلوبة. هذا بالإضافة إلى أن كثيرا من الخبراء لاتكون لديهم الرغبة عادة فى إستهلاك الوقت فى سرد ما يعرفونه بخصوص موضوع معين. ولذلك فمن المهم العثور على خبير فى المجال لديه معلومات وخبرات كافية عنه بالإضافة الى تميزه بروح التعاون والعطاء وقدرته على نقل أفكاره ومعلوماته إلى الآخرين. لذلك فمن المفضل التروى والحذر الشديدين والدقة المتناهية فى اختيار الخبير المطلوب. ويفضل أن يكون لدى الخبير فكرة عامة عن الحاسبات الإلكترونية ولديه تقدير كامل لمجالات استخدامها وفائتها. وفى الواقع ، فإنه كلما زادت معرفة الخبير ومعلوماته عن الحاسبات الإلكترونية والبرمجيات بصفة خاصة ، زادت سهولة استخلاص المعارف من الخبير وزاد تعاونه وتجاوبه فى بناء النظام الخبير.

## ١١ - ١٣ مساعدات إكتساب المعرفة

مساعدات وتقنيات اكتساب المعرفة يمكن تصنيفها إلى ثلاثة فئات أساسية هى : برامج مواءمة وتصحيح قاعدة المعرفة ( Knowledgebase Editors And Interfaces ) وإمكانات



## بناء النظام الخبير

الشرح والتوضيح ( Explanation Facilities ) ووسائل مراجعة وتنقيح قاعدة المعرفة ( Knowledgebase Revision ).

ويعتبر محرر النصوص ( Text Editor ) أحد أنواع مساعدات إكتساب المعرفة فاستخدامه يسهل مهمة إدخال المعرفة فى النظام والتقليل من احتمالات الخطأ. وتحرير أى قاعدة معرفة بكفاءة يحتاج إلى طريقة تشبه الطرق الروتينية لمسك الدفاتر ( Bookkeeping ). وعلى سبيل المثال فإن نظاما خبيرا مثل ( EMYCIN ) و ( INTERLISP ) لديه وسائل هامة لتحقيق المهام المرتبطة بذلك مثل تتبع القواعد التى لم تكتمل وملاحظة التغيرات المستمرة لقاعدة المعرفة وطلب المعلومات المترتبة على هذا التغيير. وعندما يتم انشاء أو تعديل قاعدة فى نظام ( EMYCIN ) فإنه يتم تسجيل وقت وتاريخ ذلك والمستخدم القائم بالإنشاء أو التعديل ويتم تخزين ذلك جنبا إلى جنب مع نفس القاعدة وبذلك يمكن تحديد الشخص المسئول عن إضافة أو تعديل تلك القاعدة بقاعدة المعرفة. وهناك أنواع أخرى خاصة من المحررات ( Editors ) لبعض النظم الخبيرة الخاصة مثل ( EMYCIN , STAMMER , ROSIE ) والتى تساعد المستخدم أيضا فى تجنب أخطاء الكتابة بالكشف عنها وتصحيحها. كما أن هناك أنواعا أخرى من المحررات ( Editors ) على درجة عالية من التعقيد مثل تلك الموجودة فى ( UNITS ), ( AIMDS KAS ), ( ACE ), ( ONCOCIN ), ( RIL ) حيث أنها لا تختبر أخطاء الكتابة فقط ولكن تتعدى ذلك إلى إكتشاف أخطاء قواعد النحو للمعارف التى يتم تسجيلها بقاعدة المعرفة. كما أنها تقوم باختبار التناسق والتكامل للمعلومات التى يتم إدخالها وكشف الأخطاء فى المعنى والتى بالطبع لا يمكن إكتشافها بواسطة أدوات اختبار أخطاء الكتابة فقط.

وإمكانيات الشرح والتوضيح ذات فائدة كبيرة للنظم الخبيرة وهى تستخدم فى العديد منها مثل ( EMYCIN , KAS , EXPERT ) وهى تقوم بإيضاح المسببات التى بناء عليها تم الوصول إلى إجابة أى تساؤل مطروح على النظام الخبير. وتمثل هذه الإمكانيات فائدة كبيرة أثناء تنقيح وتطوير قاعدة المعرفة وخاصة أنها تتم عادة بأسلوب تفاعلى ( Interactive ) بين المستخدم والنظام الخبير وذلك فى صورة أسئلة وأجوبة فيما بينهما.

أما وسائل مراجعة وتنقيح قاعدة المعرفة فأنها تقوم باختبار الإتساق والتناغم الدلالى ( Semantic Consistency ) للمعارف الموجودة بقاعدة المعرفة وتحديد قواعد المعرفة التى تتعارض مع سائر القواعد وذلك لإعادة النظر فيها وتعديلها أو حذفها. فمثلا فى نظام مثل ( TEIRESIAS ) إذا قام المستخدم بإضافة أى قاعدة معرفة يتم اختبارها ومقارنتها مع باقى القواعد المماثلة لضمان تكاملها واتساقها وتناغمها معهم. كما أن هناك بعض النظم الخبيرة التى تقترح أيضا أى تعديل مطلوب فى قواعد المعرفة بناء على ذلك الإختبار مثل النظم ( EXPERT ), ( EMYCIN ).

## ١١ - ١٤ مثال لسيناريو بناء نظام خبير

يوضح السيناريو التالى بعض الخطوات الرئيسية التى يتبعها مهندس المعرفة (Knowledge Engineer) خلال بناء نظام خبير لحل مشكلة التسرب الكيميائى (Chemical Spill) لأحد معامل تكرير البترول فى خليج السويس والذى سنشير إليه بالإسم (أورنيل).

يواجه مدير أورنيل مشكلة خاصة بالتسرب الكيميائى من المنشآت الخاصة بالعمل فى الشركة. وتعليمات الحكومة المصرية وجهاز شئون البيئة تمنع أى تسرب لزيوت البترول أو أى مواد كيميائية تمثل خطورة على البيئة إلى أى مسطحات وقنوات مائية داخل الجمهورية أو فى البحار التى تحيط بجمهورية مصر العربية. ولشركة أورنيل ما يقرب من ٢٠٠ مبنى على مساحة ٢٠٠ كيلو متر مربع، منهم ٩٣ موقع على خليج السويس. ويتم تخزين الزيوت والكيميائيات الضارة واستخدامها بكثرة فى شركة أورنيل. وتتلخص المشكلة فى رصد ومراقبة ومنع انتشار التسرب الضار لهذه النوعية من المواد.

وقد كلف مدير شركة أورنيل رئيس قسم الكيمياء بالشركة بالتصدى لهذه المشكلة، والذى حدد بدوره المطالب اللازمة لذلك والتى تشمل نظام حاسب آلى يحتوى على خبرات المتخصصين فى مجال رصد التسرب الكيميائى ومنع انتشاره. وبالبحث والتقصى بالشركة وجد أن هناك أحد العاملين المتخصصين بقسم الحاسبات بالشركة لديه الخبرة فى إنشاء وبناء هذه النوعية من النظم وتم تكليفه بالقيام بدور مهندس المعرفة لبناء النظام المطلوب.

وكانت أول خطوات مهندس المعرفة بالطبع هى التعرف على المشكلة المطروحة والمجال الخاص بها. ويتضمن ذلك تحليل مصادر المعرفة المطلوبة (كتب - دوريات - خبراء) وذلك بزيارة مواقع التسرب ومناقشة المتخصصين والعاملين بها وذلك للإلمام بأكبر قدر ممكن من جوانب المشكلة. كما قام مهندس المعرفة بالإطلاع على أى تقارير خاصة بأى تسرب سبق حدوثه. وأخيرا، ومن قسم الكيمياء يعثر مهندس المعرفة على خبير مناسب للمشكلة المطروحة يوافق على التعاون معه فى بناء النظام المطلوب.

وأثناء قيام مهندس المعرفة بالتعرف والإلمام بالمشكلة يكون قد تكون لديه أيضا فكرة عامة عن مهام الاستدلال المنطقى المطلوب من النظام الخبير أداؤها. وفى حالة مشكلة التسرب الكيميائى فإنه يبدو للوهلة الأولى أن المهمة الأساسية تنحصر فى التعرف على نوعية المادة المتسربة ومصادر تسربها. وك مهمة إختيارية يمكن طلب النظام الخبير لمراقبة تطور التسرب من خلال التحاليل المعملية وإدارة مهمة الطاقم المكلف بمعالجة التسرب ومنع إنتشاره وتزويده بالطرق المناسبة لذلك. وتعتبر هذه المهام وطبيعتها عاملا أساسيا فى تحديد اللغة المطلوب استخدامها فى صياغة مجال المعرفة المطلوب (Formalizing The Domain Knowledge).

## بناء النظام الخبير

وبعد عدة أسابيع قليلة من هذه الدراسة العامة يشعر مهندس المعرفة باطمئنان وقناعة كافية تجاه مجال المشكلة المطروحة وما يصاحبها من أمور تتعلق بها وبما يؤهلها للتداول المثمر مع خبير المجال. وبعد ذلك يقوم مهندس المعرفة بعقد عدة لقاءات مع خبير المجال لتحديد خصائص المشكلة بصورة أكثر دقة ومن جميع جوانبها. وخلال هذه اللقاءات يقوم مهندس المعرفة وخبير المجال بتحديد حيز المشكلة وحصرها في نطاق يمكن معه بناء النظام الخبير المناسب والفعال. ولذلك ينتهي قرارهما إلى التركيز على تحديد نوع ومكان التسرب وأساليب منع انتشاره (Identifying , Locating , And Containing The Spill).

وبعد التحديد المناسب لحل المشكلة يقوم مهندس المعرفة بتحليل المفاهيم الأساسية اللازمة لأداء المهام المطلوبة لحلها والتي إنتهى القرار إلى التركيز عليها. ثم يقوم بعد ذلك بعمل جدول زمني لعقد لقاءات متنوعة مع خبير المجال على مدى عدة أشهر وذلك لإلقاء مزيد من الضوء على المفاهيم الأساسية التي سبق التوصل إليها وتحليل العلاقات المبنية فيما بينها وكذلك التعاريف والمصطلحات اللازمة لبحث المشكلة والحلول المقترحة لها. وخلال هذه اللقاءات يحاول مهندس المعرفة إدراك المفاهيم الهامة والمرتبطة بالمشكلة المطروحة وذلك بسؤال خبير المجال مجموعة من الأسئلة توضح إجاباتها تبرير الاستدلال المنطقي المستخدم للتعامل مع الأنواع المحددة من التسرب الكيميائي والمشاكل المترتبة عليها. وكمثال للحوار الذي يتم بين مهندس المعرفة وخبير المجال في أحد هذه اللقاءات الأولية ما يلي :

مهندس المعرفة : نفترض أنه تم إخبارك أن التسرب قد حدث وتم إكتشافه في أحد المصبات الموصلة إلى الخليج وذلك على مسافة كيلو متر واحد قبل وصولها إلى مياه الخليج ، فماذا تفعل في هذه الحالة لمنع إنتشار هذا التسرب ؟

خبير المجال : ذلك يعتمد على عوامل كثيرة ، فأنا أحتاج إلى إيجاد المصدر الرئيسي للتسرب وذلك لمنع احتمالات مزيد من التسرب والتلوث ويمكن أن يتم ذلك باختبار المصارف وفتحات الدخول إليها للعثور على أى علامات للمادة المتسربة. وهذا يساعد على معرفة نوعية المادة المتسربة.

مهندس المعرفة : كيف يمكنك معرفة نوعية المادة المتسربة ؟

خبير المجال : يمكن معرفة ذلك للوهلة الأولى في بعض الأحيان من رائحتها. وفي بعض الحالات يمكن تحديد ذلك من اللون ، ولكن ذلك لا يمكن الإعتماد عليه كلية لأن الأصباغ تستخدم بكثرة هذه الأيام. ومن ناحية أخرى فإن الزيت يطفو على السطح مكونا طبقة فضية بينما تذوب الأحماض تماما في الماء. وبمجرد إكتشاف نوع المادة المتسربة ، فإنه يمكن استبعاد المواقع والأبنية التي لا يتم تخزين هذه النوعية من المواد بها ، أو لا يتم تخزين كمية كافية لإحداث التسرب الذي حدث.

## بناء النظام الخبير

وينصت مهندس المعرفة إلى خبير المجال بعناية كبيرة أثناء الحوار بينهما للحصول على شكل المعرفة المستقاة من الخبرة ليقيم بوضع تصور لكيفية تمثيل الخبرة بالأسلوب الملائم وذلك باستخدام أحد الأساليب التي تم التعرض لها من قبل لتمثيل المعرفة في النظم الخبيرة. وبالإضافة إلى تسجيل المصطلحات والألفاظ التي يستخدمها الخبير يقوم مهندس المعرفة بملاحظة طبيعة التراكييب التنظيمية التي يبدو أن خبير المجال يستخدمها. فعلى سبيل المثال، يمكن أن توجد أصناف من المواد ذات مواصفات عامة تفرقها بوضوح عن باقي المواد الأخرى. ومثل هذا التصنيف يمكن أن يساعد إلى حد كبير على تنظيم مئات المواد التي يمكن أن تكون مخزنة في أي موقع وتحديد الضار والغير ضار منها.

وهناك شكل آخر من المعارف يقوم مهندس المعرفة بالإنصات إليها أثناء حوار مع خبير المجال وهي الاستراتيجيات الأساسية التي يستخدمها الخبير عندما يقوم بأداء عمله. ما هي الحقائق التي يحاول الخبير تأسيسها في البداية؟ ما هي نوعية الأسئلة التي يقوم الخبير بسؤالها؟ هل يقوم الخبير بعمل تخمينات مبدئية لأي شيء مبنى على معلومات مؤقتة؟ وفي هذه الحالة، كيف يقوم الخبير بتحديد أي الأسئلة يقوم بسؤالها وذلك لتفقيح وتنقية هذه التخمينات؟ وما هو الترتيب الذي يقوم به الخبير لأداء عمله، وهل يتغير هذا الترتيب طبقاً للحالة؟ وعندما يتم تزواج هذين الشكلين من المعارف، يتم تكوين ما يطلق عليه بنية الإستدلال المنطقى للنظام الخبير (Expert System's Inference Structure). وبالإضافة إلى ذلك يقوم مهندس المعرفة بالإنصات أثناء حوار مع خبير المجال إلى تبريراته لكل ما يستخدمه من طرق وأساليب واستراتيجيات وما يتعرض له من الفاظ ومصطلحات وذلك للوصول إلى حل للمشكلة المعروضة عليه. ويعتبر تسجيل ذلك على درجة كبيرة من الأهمية، ليس فقط بهدف الإيضاح لمهندس المعرفة، ولكن للوصول إلى تسجيل وثائقى مناسب للنظام وعمل نظام شرح وتوضيح كامل له، مما يسهل إلى حد كبير مهمة تصميم وبناء النظام الخبير وتطويره وتعديله مستقبلاً.

وبانتهاء الحوار المبدئى مع خبير المجال والذي تم التعرض لمثال مبسط له، تكون نتيجته مجموعة من المفاهيم بعضها أساسى كما قد يكون البعض الآخر غير أساسى وكمثال يمكن أن تتضمن هذه المجموعة من المفاهيم ما يلى :

\* Task : Identification of spill material

\* Attributes of spill

Type of spill: Oil , acid

Location of spill: <A set of drains and manholes >

Volume of spill: <A number of liters>

\* Attributes of material

## بناء النظام الغير

Color: Silvery, clear, etc.

Odor: Pungent/choking, etc.

Does it dissolve ?

Possible locations: <A set of buildings >

Amount stored: <A number of liters>

وهي تعنى بالترتيب مايلي :

○ المهمة : التعرف على المادة المتسربة

○ صفات التسرب :

نوع التسرب : زيت ، حامض

موقع التسرب : <مجموعة من المصارف وفتحات الدخول إليها >

حجم التسرب : < عدد من اللترات >

○ صفات المادة المتسربة :

اللون : فضي ، شفاف ، الخ.

النكهة : لاذع ، خانق ، الخ.

هل تذوب ؟

○ المواقع المحتملة : < مجموعة من المباني >

الكمية المخزنة : < عدد من اللترات >

وبالاحظ أن مهندس المعرفة تعتمد في هذه المرحلة إغفال بعض المصطلحات والألفاظ مثل الاعتمادية ( reliability ) والأصباغ ( dyes ) التي ظهرت في الحوار مع خبير المجال وذلك لتبسيط المهمة في هذه المرحلة. وخلال تلك المرحلة ، وهي مرحلة تكوين المفاهيم الأساسية ( Conceptualization ) ، يقوم مهندس المعرفة أيضا بالتفكير في كيفية تشكيل المعارف التي تم الحصول عليها. وهذه المهمة تشمل اختيار التنظيم والوسيلة المناسبة لاستخدام التطبيق المطروح. ومن خلال مناقشاته مع خبير المجال يكتشف مهندس المعرفة أن المعلومات التي يتم الحصول عليها يمكن تشكيلها في صورة قواعد إنتاج ( Production Rules ) حتى يمكن وضعها في قاعدة المعرفة ( Knowledge Base ) كما أنه يكتشف أيضا أن أسلوب البحث الشجري ( Tree-Searching ) والإدخال غير المتزامن للنظام ( Asynchronous Input/output ) تعتبر أجزاء مكملية ولازمة للنظام. وبذلك فإنه يجد أن استخدام حزم برامج مثل ( EMYCIN ) ، ( KAS ) ، ( EXPERT ) تصبح غير مناسبة. وبعد تفكير وبحث عميقين يقرر مهندس المعرفة أن استخدام حزم مثل ( ROSIE ) ، ( OPS5 ) تعتبر مناسبة للنظام ، ويقوم باختيار ( ROSIE ) لاعتقاده أن لغتها القريبة من اللغة الإنجليزية ستساعد على بناء النظام المطلوب بسرعة.

## بناء النظام الخبير

وكخطوة أولى لاختبار مدى ملاءمة استخدام ( ROSIE ) لهذه النوعية من التطبيق ، يحاول مهندس المعرفة تمثيل المفاهيم والمقومات الأساسية السابقة باستخدام أسلوب ( ROSIE ) لتمثيل المعرفة. وليس مجال هذا الكتاب التعرض لتفاصيل حزمة بناء نظم خبيرة بعينها مثل ( ROSIE ) ولكن يتم استخدامها هنا كمثال فقط. وباستخدام ( ROSIE ) يتم تحويل المفاهيم والمقومات الأساسية سالفة الذكر والتي توصل إليها مهندس المعرفة لتكون في الصورة التالية :

Assert each of BUILDING 3023 and BUILDING 3024 is a building.  
 Assert S6 – 1 is a source in BUILDING 3023.  
 Assert S6 – 2 is a source in BUILDING 3024.  
 Assert S6 – 1 does hold 2000 gallons of gasoline.  
 Assert S6 – 1 does hold 50 gallons of acetic acid.  
 Assert each of d6 – 1 and d6 – 2 is a drain.  
 Assert each of m6 – 1 and m6 – 2 is a manhole.  
 Assert any drain is a location and any manhole is a location.  
 Assert each of diesel oil, hydraulic oil, transformer oil , and gasoline is an oil.  
 Assert each of sulfuric aid, hydrochloric acid and acetic acid is an acid.  
 Assert every oil is a possible-material of the spill  
 and every acid is a possible-material of the spill.  
 Assert the spill does smell of [some material. e.g. gasoline. vinegar, diesel oil].  
 Assert the spill does have [some odor. e.g. a pungent/choking. no] odor.  
 Assert the odor of the spill [is, is not] Known.  
 Assert the spill does from [some appearance. e.g. a silvery film,no film].  
 Assert the spill [does, does not] dissolve in Water.

وبلاحظ أنها على شكل تأكيدات ( Assertions ) ، وتستخدم الأقواس المربعة هنا ل يتم داخلها تحديد الإختيارات المتاحة لهذه التأكيدات. ويقوم مهندس المعرفة باستخدام ذلك لتمثيل المعرفة على هيئة مجموعة من القواعد والتي تحتوى على طرق الخبير فى التعرف على نوعية المادة المتسربة. ويعتبر هذا التمثيل الخطوة الأولى نحو تنفيذ النموذج المبدئى ( Initial Prototype ) للنظام الخبير المطلوب. وتكون هذه القواعد كما يلى :

To determine-spill:

[ 1 ] If the spill does not dissolve in water  
 and the spill does form a silvery film.  
 let the spill be oil.

## بناء النظام الخبير

- [ 2 ] If the spill does dissolve in water  
and the spill does form no film,  
let the spill be acid.
- [ 3 ] If the spill = oil  
and the odor of the spill is Known,  
choose situation:  
if the spill does smell of gasoline,  
let the material of the spill be  
gasoline with certainty 0.9;  
if the spill does smell of diesel oil,  
let the material of the spill be  
diesel oil with certainty 0.8.
- [ 4 ] If the spill = acid  
and the odor of the spill is Known,  
choose situation:  
if the spill does have a pungent/choking odor,  
let the material of the spill be  
hydrochloric acid with certainty 0.7;  
if the spill does smell of vinegar,  
let the material of the spill be  
acetic acid with certainty 0.8.

End.

وبذلك يكون لدى مهندس المعرفة مجموعة من القواعد والمفاهيم التي تعكس التصور المبني للتعرف على نوعية المادة المتسربة. وهذا التصور يعكس عدة افتراضات حول تمثيل المعارف التي تم الحصول عليها في البداية. فالافتراض الأول هو إمكانية استخدام قواعد الإنتاج لتمثيل المعرفة المرتبطة بالمشكلة المعروضة. والافتراض الثاني هو أن أسلوب ( ROSIE ) الخاص ببناء قاعدة المعرفة يحقق التمثيل الدقيق للمفاهيم والمقومات الأساسية التي يعرضها خبير المجال. والافتراض الثالث هو أن بنية التحكم الموجودة بـ ( ROSIE ) والتي تستخدم لتطبيق القواعد تتفق مع إستراتيجية الحل التي يستخدمها خبير المجال. والافتراض الرابع والأخير هو أن هذه القواعد تعكس الطرق والأساليب التي يتبعها خبير المجال عندما يقوم بحل المشكلة.

## بناء النظام الخبير

ويقوم مهندس المعرفة بتقييم مدى صحة هذه الافتراضات وذلك بالقيام بالعديد من الإختبارات لهذا النموذج المبدئي. ويقوم بعد ذلك بعرض القواعد على خبير المجال واختبارها أمامه وعرض النتائج عليه لتقييمها ، ونتيجة لذلك يمكن أن يدور الحوار التالى بينهما :

مهندس المعرفة : هذه هى بعض القواعد التى أعتقد أنها تمثل تفسيرك لكيفية تحديد نوع المادة المتسربة وعزل المصادر المحتملة لهذا التسرب ماذا ترى ؟  
خبير المجال : نعم ، هذا يمثل إلى حد كبير ماقلته. ولكن إذا كانت المادة المتسربة نيترات الفضة ( Silver Nitrate ) فإنها تذوب جزئيا فقط فى الماء.  
مهندس المعرفة : حسنا ، دعنا نضيف هذه المعلومة إلى قاعدة المعرفة ولنرى كيف ستبدو حينئذ.

ويقوم مهندس المعرفة بتعديل قاعدة المعرفة وذلك بتنقيح قواعد الإنتاج الموجودة فى النموذج المبدئي وبما يتفق مع المعلومة الجديدة التى طرحها خبير المجال. ويرى هنا اضافة قاعدة جديدة تتعامل مع نيترات الفضة. وبعد مناقشة مستفيضة مع خبير المجال يتم الإتفاق على تغيير التعبير الأساسى الخاص بالذوبان ( Dissolving ) إلى تعبير آخر أكثر عمومية وهو القابلية للذوبان ( Solubility ) بالنسبة للمادة المتسربة. ونتيجة لذلك فإن الإضافة والحذف والتعديل التالى يتم عمله فى قاعدة المعرفة :

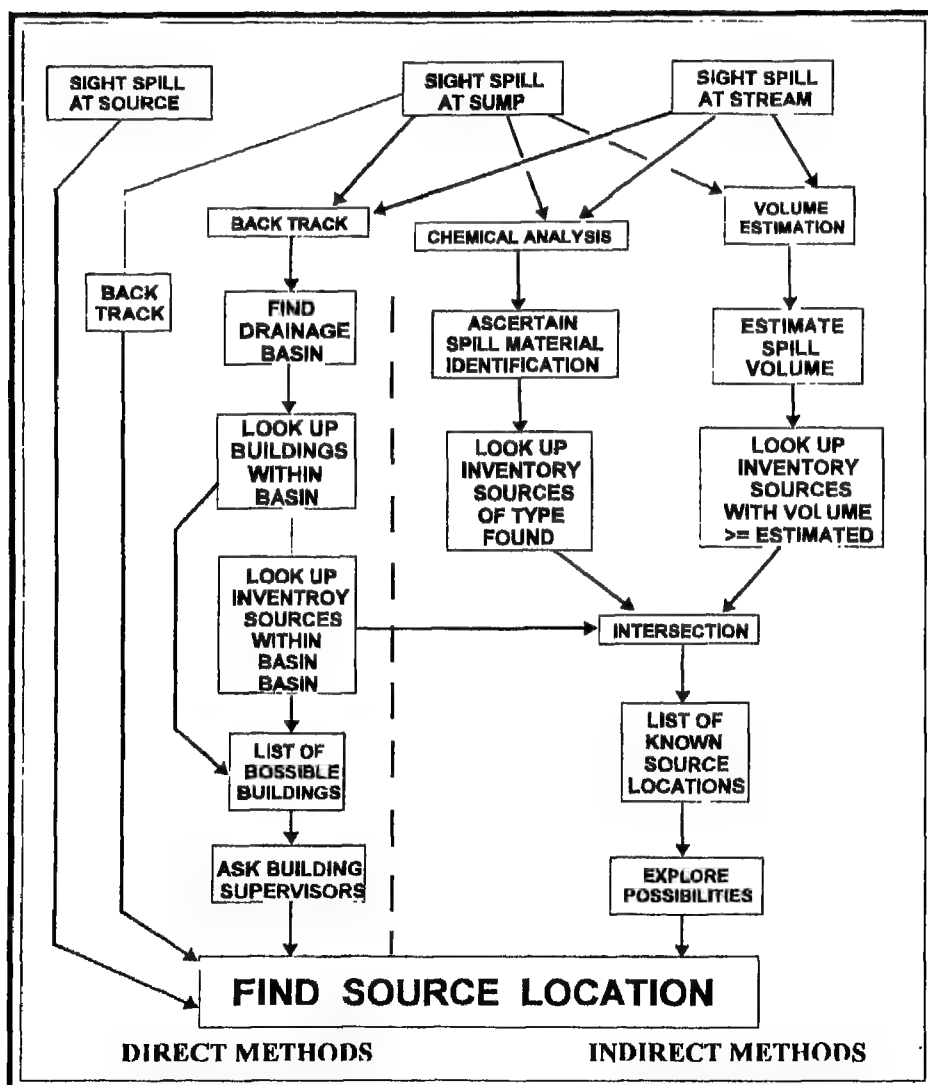
- Add : Assert the solubility of the spill is  
[some level-high, moderate, low].
- Delete: Assert the spill [does, does not] dissolve in water.
- Modify: [1] If the solubility of the spill is low  
and the spill does form a silvery film,  
let the spill be oil.
- Add: [1.5] If the solubility of the spill is moderate.  
let the material of the spill be silver-nitrate  
with certainty 0.6.
- Modify: [2] If the solubility of the spill is high  
and the spill does form no film.  
let the spill be acid.

وبعد عدة شهور يتم خلالها عقد جلسات حوار مع خبير المجال يمكن بناء قاعدة معرفة تتضمن عدة مئات من القواعد. ويقوم مهندس المعرفة بمداومة تنقيح وتطوير قاعدة المعرفة لعدة شهور أخرى ، ويمكن الاستعانة بمزيد من الخبراء فى المجال وذلك لاختبار مدى دقة وترابط آراء ومقترحات خبير المجال الذى تم الإستعانة به من قبل. كما يمكن أيضا جمع بيانات عن حوادث تسرب حقيقية واستخدامها لاختبار النظام ومدى دقته وكفاءته. وبذلك ، وبعد فترة ما يقرب من عام من



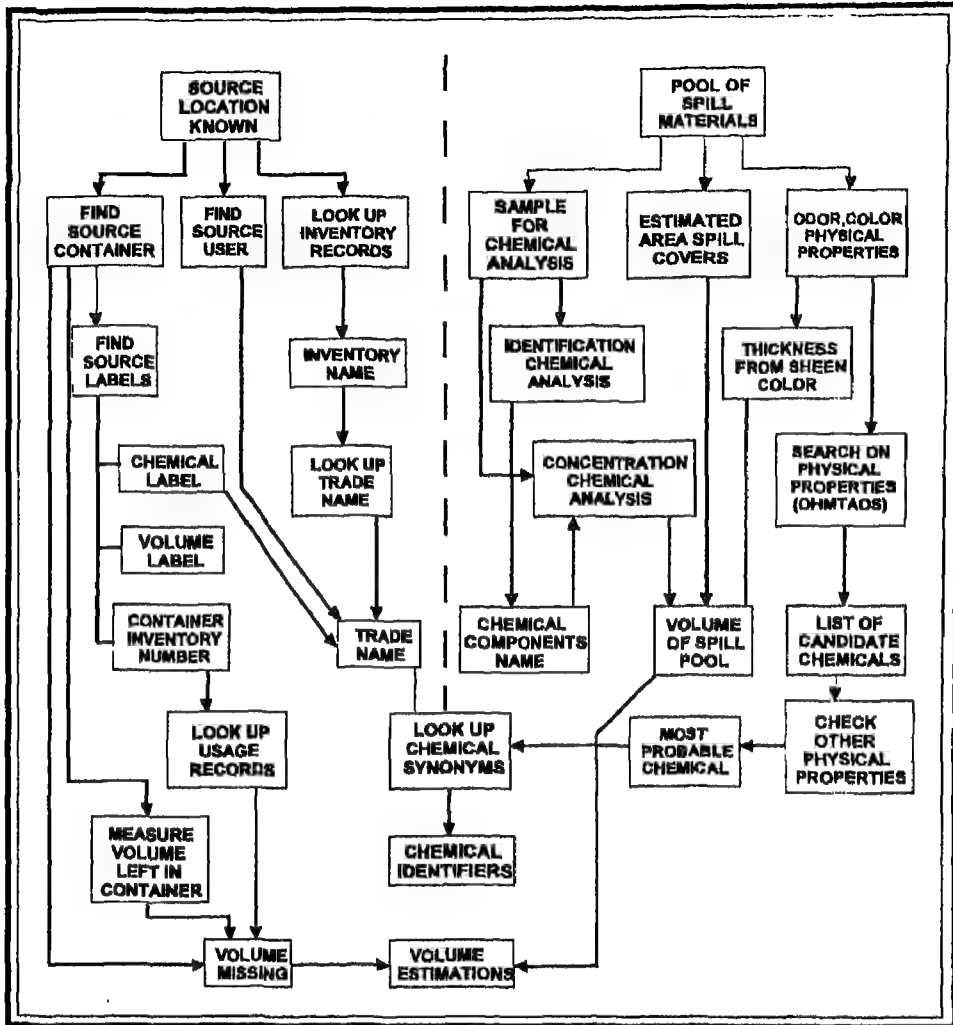
## بناء النظام الخبير

الجهد المركز، يكون مهندس المعرفة قد أكمل بناء النظام الخبير. وخلال عدة شهور أخرى يتم اختبار النظام عمليا في مواقع مختلفة وإعادة تنقيحه وتطويره بناء على التغذية العكسية الناتجة من الاختبارات الميدانية. وبعد ذلك يمكن بكفاءة وفعالية تحويل النظام الخبير من النموذج المبني إلى النظام الخبير الذي يمكن الاعتماد عليه بكفاءة في العمل، ويوضح شكل (١١ - ٢٠) الأساليب المتنوعة للمساعدة في تحديد مكان التسرب الذي يحدث، ويوضح شكل (١١ - ٢١) الإستراتيجيات العامة المستخدمة للتعرف على حجم ونوعية التسرب.



شكل (١١ - ٢٠)

بناء النظام الخبير



شكل (٢١-١١)

## الفصل الثانى عشر

### أمثلة عملية للنظم البيئية



## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

نستعرض فى هذا الفصل نبذة مختصرة عن بعض النظم الخبيرة المختارة من مجالات تطبيق مختلفة ومتعددة مما يعطى إنطبعا لدى القارئ بمدى ماحقه مجال النظم الخبيرة من غزو لمعظم مجالات الحياة وفروع العلم والمعرفة المختلفة.

### ١٢ - ١ بعض النظم الخبيرة فى مجال الطب ( Medicine )

#### النظام الخبير ( ABEL )

يقوم بمساعدة الأطباء فى المستشفيات على تشخيص الإضطرابات العضوية الناجمة عن إضطرابات التحلل الكهربى ونسبة الحموضة فى المرضى وذلك بتطبيق المعارف الخاصة بأعراض الأمراض الناتجة عن ذلك. وقد تم بناء هذا النظام فى كلية ( MIT ) بالولايات المتحدة الأمريكية. ويتم تمثيل المعرفة فيه باستخدام أسلوب من أساليب شبكات الألفاظ الدلالية ( Semantic Nets ) يطلق عليه شبكة السببية ( Causal Network ) والتي تقوم بتوصيف العلاقات بين الأمراض ومسبباتها بأسلوب السبب وأثره ( Cause - Effect ).

#### النظام الخبير ( AI/COAG )

ويقوم بمساعدة الأطباء فى تشخيص أمراض التجلط الدموى ( Diseases of Homeostasis ) وذلك بتحليل وتفسير النتائج المعملية لاختبارات تجلط الدم ( Blood Coagulation ) وقد تم بناء هذا النظام بكلية الطب بجامعة ميسورى الأمريكية وقد تم تنفيذه فى مرحلة النموذج البحثى على جهاز ميكروكمبيوتر ( DEC LSI - 11 ).

#### النظام الخبير ( AI/MM )

ويقوم بتحليل سلوك وتصرف وظائف الأعضاء المرتبطة بالكليتين ( Renal Physiology ) ويقوم بشرح الأسباب والمبادئ التى تم بناء عليها هذا التحليل. ويقوم النظام بالإجابة على الإستفسارات الخاصة بمدلول قيم بعض العناصر مثل كمية الماء بالجسم ، وتفسير بعض الظواهر مثل الإمتصاص الغير طبيعى للماء بالجسم. وتتضمن المعارف والخبرة المخزنة فى ( AI/MM ) قوانين الفيزياء وعلم التشريح ( Anatomy ) والمبادئ الأساسية لعلم وظائف الأعضاء ( Physiology ) والمعرفة التجريبية المبنية على الملاحظة والاختبار للعمليات والمهام المرتبطة بوظائف الأعضاء. ويتم تمثيل المعرفة كمواعد إنتاج وقد تم إنتاجه بجامعة ستانفورد الأمريكية.

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( AI/RHEUM )

ويساعد الأطباء فى تشخيص أمراض الأنسجة الضامة ( Connective Tissues ) بأقسام الروماتيزم بالمستشفيات وذلك بتطبيق أساليب التشخيص المختلفة المستقاة من خبراء الأمراض الروماتيزمية. ويستخدم النظام أعراض المرض من المريض بالإضافة إلى التحاليل المعملية وذلك للمساعدة فى تشخيص سبعة أمراض منها التهاب المفاصل الروماتيزمى ( Rheumatoid Arthritis ) ويتم تمثيل المعرفة فى ( AI/RHEUM ) باستخدام قواعد الإنتاج من خلال حزمة البرامج ( EXPERT ) ويتم الاستدلال المنطقى باستخدام التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ). وقد تم إنتاجه بكلية الطب بجامعة ميسورى الأمريكية.

### النظام الخبير ( ANGY )

ويقوم بمساعدة الأطباء فى تشخيص ضيق الأوعية الدموية التاجية ( Coronary Vessels ) ويتم تمثيل الخبرة فى هذا النظام باستخدام القواعد من خلال حزمة البرامج ( OPS5 ) ولغة برمجة ( LISP ). وقد تم بناء نظام ( ANGY ) بجامعة بنسلفانيا.

### النظام الخبير ( BABY )

وهو يساعد أطباء الأطفال فى المستشفيات على مراقبة ومتابعة الأطفال حديثى الولادة والموجودين فى وحدات العناية المركزة الخاصة بهم ( NICU ) ( Newborn Intensive Care Unit ) ويحتوى ( BABY ) على الخبرات الطبية فى مجال الأطفال حديثى الولادة واللازمة لتفسير البيانات الطبية والصحية والإحصائية الخاصة بهم. ونظام ( BABY ) نظام خبير مبنى على القواعد ( Rule - Based System )، ويتم الاستدلال المنطقى فيه باستخدام أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ). وقد تم بناؤه فى جامعة إلينوى الأمريكية.

### النظام الخبير ( BLUE BOX )

وهو يقوم بتقديم النصح والمشورة للطبيب فى اختيار العلاج المناسب لعلاج المرضى الذين يشكون من الإحباط. ويستخدم النظام المعارف عن أعراض المرض على المريض ومعلومات عن التاريخ الطبى والنفسى للمريض وعائلته والأدوية التى تناولها وذلك لتشخيص نوع الإحباط وحدوده واقتراح خطة العلاج المناسبة للتحكم فيه. ونظام ( BLUE BOX ) مبنى على

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

القواعد ( Rule - Based ) وتم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EMYCIN ).

### النظام الخبير ( CLOT )

وهو يساعد الأطباء على تقييم حدوث أى اضطرابات فى نظام تجلط الدم بالجسم ( Blood Coagulation System ) ويقوم بتشخيص النزيف الناتج عن أى خلل فى أى من النظامين الفرعيين لتجلط الدم بالجسم وهما ( Platelet-Vascular ) أو ( The Coagulative ) . ونظام ( CLOT ) نظام مبنى على القواعد ( Rule - Based System ) ويستخدم أسلوب التسلسل الراجع ( Backward Chaining ) فى الاستدلال والإستنتاج المنطقى ، وقد تم بناؤه بجامعة ستانفورد بالولايات المتحدة الأمريكية باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EMYCIN ).

### النظام الخبير ( DIAGNOSER )

وهو يساعد الأطباء على تشخيص أمراض القلب وخاصة ( Cardiac Anomaly ) والمعروفة بالتوصيف ( Total Anomalous Pulmonary Venous Connection ) وهو نظام خبير يستخدم قواعد مضمورة داخل أطر ( Rules Embedded in Frames ) وقد تم بناؤه باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعى ( LISP 1.4 ) بجامعة مينيسوتا بالولايات المتحدة الأمريكية.

### النظام الخبير ( EMERGE )

يساعد الأطباء فى تحليل آلام الصدر ( Chest Pain ) فى غرفة الطوارئ بالمستشفيات. ويحدد النظام الخبير ما إذا كانت حالة مريض الطوارئ الذى يعانى من آلام فى الصدر تستحق الرعاية الطبية بالمستشفى من عدمه. كما أنه يقدم أيضا النصح بخصوص العلاج المطلوب بالإضافة إلى مدى خطورة الحالة. والنظام مصمم باستخدام قواعد إنتاج مدعمة بمعامل للثقة ( Certainty Factor ). وقد تم بناؤه باستخدام لغة إجرائية هى ( PASCAL ) ويعمل على الحاسبات الكبيرة ( Mainframes ) والمتوسطة ( Minicomputers ) والصغيرة ( Microcomputers ). وقد تم بناؤه بجامعة كاليفورنيا بلوس أنجيلوس ( UCLA ).

### النظام الخبير ( EXAMINER )

ويقوم بتحليل نتائج تشخيص الأطباء لحالات أمراض الباطنة ويقوم النظام بعرض حالة إفتراضية ، ويقوم الطبيب بتحديد المرض بناء على هذه الحالة الإفتراضية. ويقوم النظام بالتعليق

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

على تشخيص الطبيب وإذا كان التشخيص غير صحيح يقوم بشرح أسباب عدم صحته وذكر التشخيص الصحيح وأسباب ذلك أيضا. وتم بناء النظام بجامعة بيتسبرج باستخدام لغة ( LISP ).

### النظام الخبير ( GUIDON )

وهو يوجه طلبة الطب إلى اختيار العلاج المضاد للميكروبات لنزلاء المستشفيات والذين يعانون من أمراض بكتيرية معوية. ويقوم النظام الخبير باختيار حالة مرضية معينة ويقوم بحلها. ثم يقوم بعد ذلك بعرضها على طلبة الطب لحلها ، ويقوم بعد ذلك بتحليل ما توصل إليه الطلبة من حلول. ومن هذه التحليلات يقوم النظام بتحديد مدى توافق معلومات الطلبة وأسلوب تحليلهم للحالة المعروضة عليهم. وإذا كان هناك أي اختلاف عن الحل المفروض يقوم النظام بتفسيره للطلبة وشرح الأسلوب الصحيح للحل لهم. ونظام ( GUIDON ) مبنى على القواعد ( Rule - Based System ) وتم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعي ( INTERLISP ).

### النظام الخبير ( HEADMED )

ويقدم النصح والمشورة للأطباء عن الأمور المتعلقة باستخدام عقاقير الأمراض النفسية وذلك بتشخيص مجموعة من الأمراض النفسية والتوصية الطبية بالعلاج والأدوية المناسبة. وقد تم بناء هذه النظام الخبير باستخدام ( EMYCIN ) بجامعة كاليفورنيا بارفين بالولايات المتحدة الأمريكية.

### النظام الخبير ( MDX )

ويقوم بتشخيص أسباب وجود مجموعة الأمراض المزمنة للكبد ( Liver Syndrome ) والمعروفة باسم ( Cholestasis ). ويقوم النظام الخبير بإجراء التشخيص اعتمادا على تاريخ المريض ، الأعراض والعلامات وبيانات المستشفى. وتمثل المعرفة في ( MDX ) باستخدام القواعد والأطر ( Rules And Frames ). واستخدم في بنائه لغة ( LISP ) بجامعة أوهايو.

### النظام الخبير ( MECS - AI )

ويساعد الأطباء في عمل التشخيص المطلوب واقتراح العلاج اللازم لأمراض الأوعية الدموية للقلب ( Cardiovascular ) وأمراض الغدة الدرقية ( Thyroid ). وهو نظام خبير مبنى على القواعد ( Rule -Based ) ويستخدم أسلوب التسلسل الراجع ( Backward Chaining ). وقد تم بناؤه بجامعة طوكيو باستخدام لغة ( INTERLISP ).



## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( MI )

ويساعد الأطباء في تشخيص الذبحة الصدرية ( Myocardial Infarction ) من خلال تحليل أنشطة الإنزيمات. ويصل النظام الخبير إلى تشخيصه باختبار المستويات المرتفعة لبعض الإنزيمات الموجودة في الدم خلال فترة عدة أيام. ونظام ( MI ) مبني على القواعد ( rule - based ) وتم بناؤه في جامعة روتجرز باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EXPERT ) والتي تم تعديلها ليتمكنها تمثيل وتنفيذ القواعد التي تعتمد على الزمن ( Time - Dependent ) ، ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) للاستدلال المنطقي.

### النظام الخبير ( MODIS )

ويساعد الأطباء في تشخيص الحالات المختلفة لضغط الدم الشرياني المفرط ( Arterial Hypertension ) . ويقوم النظام الخبير أولاً بجمع المعلومات عن المريض مثل الأعراض التي يشعر بها والمشاكل التي تسببها له ونتائج الاختبارات المعملية ثم يقوم بعد ذلك بفرض مجموعة من الأمراض لها نفس الظواهر والأعراض التي تتفق مع المعلومات التي تم جمعها عن المريض ثم يقوم باختيار المرض الأكثر قرباً في أعراضه والمشاكل التي يسببها لما يشكو منه المريض وذلك استناداً إلى خبرات الأطباء المختصين والمخزنة به. ويتم تمثيل المعرفة في ( MODIS ) باستخدام شبكات الألفاظ الدلالية ( Semantic Nets ) والتي تحتوي على أطر ( Frames ) تشمل شقوقها ( Slots ) قواعد ( Rules ) وبيانات ( Data ) . وقد تم بناؤه باستخدام لغة البرمجة ( LISP ) .

### النظام الخبير ( MYCIN )

ويساعد الأطباء في اختيار العلاج المناسب لمرضى المستشفيات والمصابين بأمراض تجرثم الدم ( Bacteremia ) والالتهاب السحائي ( Meningitis ) والتهاب المثانة ( Cystitis M ) ويشخص النظام أسباب الإصابة بالمرض مستعيناً بتاريخ المريض ( Patient History ) وأعراض المرض ( Symptoms ) ونتائج الإختبارات المعملية. ثم يقوم النظام الخبير بتقديم النصيحة والمشورة في العلاج الطبي المناسب ونوعية وجرعات الدواء المطلوب وذلك طبقاً للطرق والأساليب التي يتبعها الأطباء ذوو الخبرة في علاج هذه النوعية من الأمراض. ونظام ( MACIN ) مبني على القواعد ( rule - based ) ويستخدم أسلوب التسلسل الراجع ( Backward Chaining ) للاستدلال المنطقي. وقد تم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام لغة ( LISP )

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( MEOMYCIN )

ويساعد الأطباء على تشخيص وعلاج أمراض الإلتهاب السحائي ( Meningitis ) والأمراض المشابهة. وهذا النظام الخبير يستخدم القواعد والتي يتم تنظيمها طبقاً لهرمية المرض وتستخدم أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) للإستدلال المنطقي. وقد تم بناء ( MEOMYCIN ) بجامعة ستانفورد باستخدام لغة ( INTERLISP-D ).

### النظام الخبير ( NEUREX )

يساعد الأطباء في تشخيص الأمراض الخاصة بالجهاز العصبي مستعيناً في ذلك بنتائج الفحوص التي تجرى على الجهاز العصبي لتحديد أماكن الأعصاب التي يحتمل تلفها أو ضمورها وتصنيف المرضى طبقاً لنتيجة هذه الفحوص حتى يمكن تحديد نظام العلاج المناسب لهم. وهو نظام خبير مبنى على القواعد ( Rule - Based ) ويستخدم التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) والتسلسل الراجع ( Backward Chaining ) للإستدلال المنطقي. وقد تم بناء هذا النظام الخبير بجامعة ميريلاند باستخدام لغة ( LISP ).

### النظام الخبير ( ONCOCIN )

ويساعد الأطباء في العلاج والسيطرة على حالات مرضى السرطان والذين يكونون تحت تجارب العلاج الكيميائي الذي يسمى ( Protocols ). وهو نظام مبنى على القواعد ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع للإستدلال المنطقي. وقد تم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام لغة ( INTERLISP ).

### النظام الخبير ( PATHFINDER )

ويقوم بمساعدة المتخصصين في علم الأمراض ( Pathologists ) بتفسير الظواهر والنتائج التي يحصلون عليها من فحص أنسجة الغدة الليمفاوية ( Lymph Nod Tissue ) وهو يستخدم الأطر ( Frames ) لتمثيل المعرفة وقد تم بناؤه بجامعة ستانفورد.

### النظام الخبير ( PEC )

ويقوم بمساعدة العاملين المبتدئين في مجال الصحة العامة في تشخيص وعلاج مشاكل العيون العامة. وتؤدى مجموعته الأولى من الأسئلة والتي تكون إجاباتها بنعم أو لا (مثل " هل العين حمراء ؟ ") إلى مجموعة أخرى من الأسئلة عن أعراض ما يعانيه المريض بالإضافة إلى معلومات أخرى عنه وعن

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

تاريخه المرضى. وعندما يتم تجميع كمية كافية من المعلومات يقوم النظام الخبير بعرض ملخص للحالة متبوعا بما تم التوصل إليه من تشخيص والتوصية بالعلاج المناسب. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام باستخدام قواعد الإنتاج ويتم الإستدلال المنطقى من خلال أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) وقد تم بناء النظام بجامعة روتجرز باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EXPERT ) ثم تحويله أتماتيكيا بعد ذلك إلى لغة ( BASIC ) وذلك حتى يمكن استخدامه على أجهزة الميكروكمبيوتر.

### النظام الخبير ( PUFF )

يساعد الأطباء على تشخيص الإصابة بأمراض الرئة وتحديد مدى خطورتها وذلك استنادا إلى تفسير القياسات والنتائج الخاصة باختبارات التنفس والتي يتم إجراؤها فى معامل اختبار وظائف الرئتين. وهو نظام مبنى على القواعد ويستخدم التسلسل الراجع وتم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EMYCIN ) بجامعة ستانفورد.

### النظام الخبير ( SPE )

ويقوم بالترقية بين الأسباب المختلفة لحالات الإلتهاب المختلفة عند المرضى ( مثل تليف الكبد Cirrhosis of the Liver ) ، وأحد أشكال السرطان والمسمى ( Cmyeloma ) ،... الخ ) وهو نظام مبنى على القواعد ويستخدم التسلسل المتقدم وقد تم بناؤه بجامعة روتجرز باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EXPERT ).

### النظام الخبير ( SYSTEM D )

وهو يساعد الأطباء على تشخيص الأسباب المحتملة للإصابة بالدوار ( Dizziness ) ويمكن للنظام التعامل مع الحالات التى يمكن أن تكون أسباب الدوار لها متعددة. ويستخدم النظام الأطر ( Frames ) لتمثيل المعرفة. وقد تم بناؤه بجامعة ميريلاند باستخدام حزمة بناء نظم خبيرة يطلق عليها اسم ( KMS ).

### النظام الخبير ( VM )

ويقوم بالتشخيص واقتراح العلاج للمرضى الموجودين بغرفة العناية المركزة بعد إجرائهم لعمليات جراحية. وهو نظام مبنى على القواعد ( Rule - Based ) وتم بناؤه بجامعة إستانفورد باستخدام لغة ( INTERLISP ).

## ١٢ - ٢ بعض النظم الخبيرة فى مجال الهندسة

### النظام الخبير ( CONPHYDE )

ويساعد المهندسين الكيميائيين على اختيار طرق تقشير الخصائص الفيزيائية للمواد السائلة. ويقوم النظام الخبير باختيار معاملات التوازن بين الحالة السائلة والحالة الغازية واللازمة لعمليات المحاكاة على اعتبار توفر المعلومات عن الدقة المطلوبة والتركيز المتوقع ودرجات الحرارة والضغط. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام باستخدام تزاوج بين قواعد الإنتاج وشبكات الألفاظ الدلالية. وقد تم بناء النظام بجامعة كارنيجى - ميلون باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( KAS ).

### النظام الخبير ( DELTA )

وهو يساعد أفراد صيانة سيارات الديزل الكهربائية على تحديد الأعطال وإصلاحها . ويقوم النظام الخبير بعرض طريقة الإصلاح كاملة وذلك بعرض جميع الدوائر والرسومات الخاصة بالأجزاء المختلفة وتعليمات وخطوات الإصلاح الخاصة بعطل ما بمجرد تحديده. ونظام ( DELTA ) مبنى على القواعد ( rule - based ) ، ويستخدم كلا من التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) والتسلسل الراجع ( Backward Chaining ) وقد تم بناؤه فى شركة جنرال إلكتريك باستخدام لغة ( LISP ) وقد تم تطبيقه فيما بعد باستخدام لغة ( FORTH ) وذلك ليعمل على الحاسبات الصغيرة.

### النظام الخبير ( NPPC )

وهو يساعد العاملين فى محطات الطاقة الكهربائية والتي يتم تشغيلها بالطاقة النووية فى تحديد أسباب الظواهر الغير مألوفة وذلك بتطبيق القواعد بالتزامن مع نموذج للعمل بالمحطة. وقد تم بناؤه بمعهد جورجيا للتكنولوجيا.

### النظام الخبير ( REACTOR )

وهو يساعد العاملين بالمفاعلات النووية على تحديد وتعليل أسباب الحوادث فى هذه المفاعلات وذلك بمراقبة قراءات الأجهزة التى تقوم بمتابعة الأنشطة المختلفة بالمفاعل النووى مثل معدلات التغذية بالمياه ومستوى الإشعاع بحثا عن أى إنحراف عن معدلات الأداء المطلوبة للعمل. وعندما يقوم النظام الخبير برصد أى انحراف فإنه يقوم بتقييم الموقف وإصدار التوصية بالتصرف المناسب وذلك بناء على المعلومات والمعارف المخزنة والمتضمنة مكونات المفاعل والعلاقة بين الوظائف المختلفة لهذه المكونات بالإضافة إلى السلوك المتوقع للمفاعل تحت ظروف حوادث معروفة. وهو نظام خبير

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

مبنى على القواعد ويستخدم كلا من التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع للإستدلال المنطقى. وقد تم بناؤه بواسطة شركة ( EG & G ) بإيداهو بأمرىكا باستخدام لغة البرمجة ( LISP ).

### النظام الخبير ( SACON )

ويساعد المهندسين على تحديد إستراتيجيات التحليل المناسبة للخواص الميكانيكية للمواد. ويستخدم ( SACON ) المعارف الخاصة بالإجهاد ( Stress ) والانحراف ( Deflection ) تحت ظروف الأحمال المختلفة وذلك لتحديد هذه الإستراتيجيات. ومن أمثلة تطبيقاته أجنحة الطائرات وأوعية الضغط بالمفاعلات النووية ، وأغلفة محركات الصواريخ والكبارى. وهو نظام خبير مبنى على القواعد ( rule - based ) ويستخدم التسلسل الراجع ، وتم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EMYCIN )

### النظام الخبير ( SPERIL - I )

ويقوم بعمل تقدير للخسائر المتوقعة فى هياكل الإنشاءات الموجودة والمعرضة لحدوث زلازل. وتمثل المعرفة فيه باستخدام قواعد الإنتاج ويتم الإستدلال المنطقى خلالها باستخدام التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) وقد تم بناء هذا النظام بكلية الهندسة المدنية بجامعة بور دو.

### النظام الخبير ( SPERIL - II )

ويقوم بتقييم درجة الأمان ومدى التدمير الممكن أن يلحق بالمنشآت القائمة فى حالة حدوث زلازل. وتمثل المعرفة على هيئة قواعد ، ويتم الإستدلال المنطقى باستخدام كل من التسلسل المتقدم والتسلسل الراجع. وقد تم بناؤه بجامعة بور دو باستخدام لغة البرمجة ( PROLOG ).

### النظام الخبير ( STEAMER )

ويقوم بتدريب طلبة كلية الهندسة البحرية على تشغيل محطات الدفع بالبخار ( Steam Propulsion Plant ) ويعمل النظام بربط نموذج رياضى يمثل محطة الدفع مع برنامج أشكال ملونة متحركة على درجة عالية من التعقيد توضح الإجراءات المختلفة لمحطة الدفع وقد تم بناء النظام باستخدام لغة البرمجة ( ZETALISP ).

## ١٢ - ٣ بعض النظم الخبيرة في مجال الزراعة

### النظام الخبير ( PLANT / cd )

ويقوم بالتنبؤ بالتلفيات التي تحدث لمحصول الذرة نتيجة لدودة الساق السوداء ( Black Cutworm ) ويستخدم النظام المعلومات الخاصة بالحقل الموضوع تحت الدراسة مثل حالة التربة والأعشاب الضارة بالحقل. ويستخدم النظام توليفة من القواعد ومجموعة من برامج المحاكاة الخاصة بدودة الساق السوداء وذلك للحصول على التنبؤ المطلوب. ويتم تمثيل المعرفة باستخدام قواعد الإنتاج ويتم الاستدلال المنطقي باستخدام التسلسل الراجع ( Backward Chaining ). وتم بناء النظام بجامعة إلينوى بأمريكا باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( ADVISE ).

### النظام الخبير ( PLANT / ds )

ويقوم بتقديم المشورة فيما يختص بتشخيص الأمراض التي تصيب فول الصويا باستخدام المعارف الخاصة بأعراض المرض والظروف البيئية لزراعة النبات. ويستخدم النظام معلومات مثل شهر حدوث الأعراض ، درجة الحرارة ، ارتفاع النبات ، حالة الأوراق ، والسيقان والبذور وذلك لتحديد نوع المرض من بين ١٥ نوعا محتمل إصابة النبات بهم. ويتم تمثيل المعرفة باستخدام القواعد وقد تم بناؤه بجامعة إلينوى باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( ADVISE ).

### النظام الخبير ( POMME )

ويساعد المزارعين في بساتين الفاكهة على تحسين إنتاج محصول التفاح بتقديم النصح والإرشادات اللازمة لهم في هذا المجال. ويستخدم ( POMME ) كلا من القواعد والأطر لتمثيل المعرفة. وقد تم بناء النظام بمعهد التكنولوجيا بفرجينيا بالولايات المتحدة الأمريكية باستخدام لغة الذكاء الإصطناعي ( PROLOG ).

## ١٢ - ٤ بعض النظم الخبيرة في مجال الجيولوجيا

### ( Geology )

### النظام الخبير ( DIPMETER ADVISOR )

ويقوم باستنتاج التركيب الجيولوجي للطبقات التي تقع تحت سطح الأرض وذلك بتفسير ( Dipmeter Logs ) وقياسات ( Conductivity of Rocks ) داخل حفرة صناعية يتم ثقبها وما حولها وذلك لأعماق مختلفة تحت سطح الأرض. ويستخدم النظام قواعد الإنتاج لتمثيل المعرفة

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

ويتم الإستدلال خلال قاعدة المعرفة باستخدام أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) وقد تم بناؤه باستخدام لغة الذكاء الإصطناعى ( INTERLISP-D ) فى ( Schlumberger - Doll Research ).

### النظام الخبير ( DRILLING ADVISOR )

وهو يساعد ملاحظى آلات حفر آبار البترول فى حل المشاكل المتعلقة بالآلات الحفر والتي تلتصق بالحفر التى يتم حفرها أثناء عملية الحفر. ويقوم النظام بتحديد الأسباب التى يحتمل أن تكون سببا فى هذا الإلتصاق ويوصى بمجموعة من الإجراءات والأساليب لتخفيف آثار المشكلة والحد من تكرارها. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام باستخدام القواعد التى يتم الإستدلال خلالها باستخدام التسلسل الراجع.

### النظام الخبير ( LITHO )

ويساعد الجيولوجيين على تفسير البيانات المسجلة فى سجلات آبار البترول. وتشمل هذه البيانات المنحنيات التى توضح كثافة الصخور ( Rock Density ) ، وقدرتها على المقاومة ( Resistivity ) ، وإرسال الصوت ( Sound Transmission ) ، والنشاط الإشعاعى ( Radioactivity ) ويستخدم النظام لتوفير المعارف الخاصة بالبيئة الجيولوجية للمنطقة بالإضافة إلى البيانات الواردة من سجلات الآبار وذلك لتحديد خصائص الصخور الموجودة فى أى بئر من الآبار. ويتم تمثيل المعرفة فى ( LITHO ) باستخدام القواعد والتي يتم استخدامها من خلال التسلسل الراجع ( Backward Chaining ) وقد تم بناؤه بواسطة ( Schlumberger ) باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EMYCIN ).

### النظام الخبير ( MUD )

ويساعد المهندسين على الحفاظ على الخواص المثلى لسائل الحفر ( Drilling Fluid ) ويتم ذلك بتحديد أسباب المشاكل التى يتعرض لها سائل الحفر وإقتراح الأساليب والوسائل المناسبة لمعالجة هذه المشاكل. ونظام ( MUD ) مبنى على القواعد ( Rule - Based ) ويستخدم التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) وقد تم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( OPS5 ) بالتعاون بين جامعة كارينجى ميلون وشركة نل بارويد ( NL Baroid ).

## النظام الخبير ( PROSPECTOR )

ويعمل كمستشار لمساعدة الجيولوجيين العاملين فى مجال كشف المعادن والبحث عن مصادر خاماتها. ويستخدم ( PROSPECTOR ) كلا من قواعد الإنتاج وشبكات الألفاظ الدلالية ( Semantic Nets ) وذلك لتمثيل المعرفة. وقد تم بناؤه باستخدام لغة ( INTERLISP ) بشركة ( SRI International ).

## ١٢ - ٥ بعض النظم الخبيرة فى مجال الصناعة ( Manufacturing )

### النظام الخبير ( IMACS )

ويساعد المديرين فى مجال صناعة نظم الحاسبات على إدارة الأعمال الورقية والسيطرة عليها وإدارة المخازن والتخطيط للإنتاج وأى مهام أخرى مرتبطة بعملية الإنتاج. ويقوم ( IMACS ) بناء على طلب العميل ( Customer's Order ) بعمل خطة بناء مبدئية للنظام المطلوب يمكن على أساسها تحديد المطالب الخاصة واللازمة لبناء النظام. وقبل بناء النظام المطلوب يقوم ( IMACS ) بعمل الخطة التفصيلية المطلوبة للتنفيذ والتي يتم استخدامها لمراقبة عملية تنفيذ النظام. وهو نظام مبنى على المعرفة ( Rule - Based ) ويستخدم التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) وقد تم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( OPS5 ) بشركة ( DEC ).

### النظام الخبير ( ISIS )

ويقوم بعمل البرنامج الزمنى لأداء الأعمال المختلفة بالمصانع. ويقوم النظام باختيار سلسلة من العمليات والتي تلزم لتنفيذ طلبية معينة ، وفيها يحدد وقت بدء العمل وإنهائه وتحديد متطلبات التنفيذ. كما أن النظام يمكن أن يعمل كمساعد ذكى يستخدم خبرته لمساعدة المسؤولين بالمصنع فى المحافظة على خطة الإنتاج وبرنامجها الزمنى وتحديد القرارات التى يمكن أن تعوق هذه الخطة أو تمثل قيودا عليها. ويستخدم هذا النظام الأطر ( Frames ) لتمثيل المعرفة بالإضافة إلى القواعد التى تستخدم أساسا لحل أى ارتباك بالخطة وتم بناء النظام باستخدام حزمة بناء البرامج الجاهزة ( SRL ) بجامعة كارنيجى ميلون.



## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( PTRANS )

ويقوم بالتحكم فى إنتاج وتوزيع أجهزة الحاسبات لشركة ( DEC ). ويقوم النظام باستخدام طلبات العملاء والموضح بها المواصفات المطلوبة بالإضافة إلى المعلومات الخاصة بالأنشطة المختلفة بالمصنع المنتج وذلك لعمل خطة تجميع واختبار لنظم الحاسبات المطلوبة تتضمن متى يبدأ بناء النظام المطلوب. كما يقوم ( PTRANS ) أيضا بمراقبة أداء الفنيين لتنفيذ الخطة وتحديد المشاكل التى تقابلهم واقتراح الحلول والتنبيه بأى نقص أو زيادة محتملة فى الخامات والمكونات اللازمة لبناء الحاسبات المطلوبة. ونظام ( PTRANS ) مبنى على القواعد ( rule - based ) ويستخدم التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) وتم بناؤه بالتعاون بين شركة ( DEC ) وجامعة كارنيجى ميلون الأمريكية باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( OPS5 ).

### ١٢ - ٦ بعض النظم الخبيرة فى مجال الإلكترونيات ( Electronics )

#### النظام الخبير ( ACE )

ويقوم بتحديد مواقع الأعطال فى الشبكات التليفونية واقتراح الإصلاح المناسب والصيانة المطلوبة. ويعمل النظام دون تدخل العنصر البشرى ويقوم بتحليل تقارير الصيانة التى ترد يوميا بواسطة ( CRAS ) وهو برنامج حاسب يقوم بإدارة عمليات الإصلاح للكوابل التليفونية. وبمجرد قيام ( ACE ) بتحديد الكوابل التليفونية العاطلة ، فإنه يقوم باختيار طريقة ووسيلة الإصلاح المناسبة والفعالة. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام باستخدام قواعد الإنتاج والتى يتم التحكم فيها باستخدام التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ). وقد تم بناء ( ACE ) باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( OPS4 ) ولغة برمجة الذكاء الاصطناعى ( FRANZ LISP ). وقام ببنائه شركتا ( Whippany , Bell ).

#### النظام الخبير ( BDS )

ويقوم بالمساعدة فى تحديد الأجزاء العاطلة بجهاز إلكترونى يستخدم ضمن شبكات تحويل الموجات الإشعاعية. ويستخدم النظام قراءات أجهزة الاختبار لتحديد الدائرة المطبوعة التى بها العطل أو أى أجزاء أخرى يمكن أن تسبب العطل. وقد تم بناء النظام الخبير باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( LES ) والخاصة بشركة لوكهيد وبها يتم تمثيل المعرفة باستخدام القواعد ويستخدم أسلوب التسلسل الراجع ( Backward Chaining ) وقد تم بناؤه فى معمل بحوث شركة لوكهيد.

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( CADHELP )

ويقوم بشرح وتوضيح استخدام أدوات التصميم باستخدام الحاسب ( CAD ) فى تصميم الدوائر المنطقية الرقمية ( Digital Logic Circuits ). وقد تم بناء هذا النظام الخبير باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعى ( FRANZ LISP ) بجامعة كونيتيكت ( Connecticut ).

### النظام الخبير ( CRITTER )

ويساعد مصممى الدوائر الإلكترونية على تحليل صحة وتوقيت وتماسك وسرعة تصميمات الدوائر العالية التكامل ( VLSI ). ويقوم النظام باستقبال الدوائر التخطيطية ومواصفات الدخل والخرج من المهندس المصمم ثم يقوم ببناء نموذج شامل لأداء الدائرة عالية التكامل. ويقوم ( CRITTER ) بتلخيص هذه المعلومات وعرضها على المهندس المصمم مصحوبة بمعلومات عن كشف الأعطال وتلافيها وتقييم للجدوى الفنية لبناء الدائرة. وتحتوى قاعدة المعرفة فى هذا النظام الخبير على معلومات عن الدوائر الكهربائية والتقنيات الخاصة بتحليل هذه الدوائر. ويتم تمثيل المعارف فى ( CRITTER ) باستخدام الأطر ( Frames ) بالإضافة إلى استخدام بعض المعادلات الجبرية والجبر الإسنادى ( Predicate Calculus ) وقد تم بناء هذا النظام بجامعة روتجرز باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعى ( INTERLISP ).

### النظام الخبير ( FOREST )

ويقوم بكشف وعزل الأعطال فى الأجهزة الإلكترونية وتحتوى قاعدة المعرفة الخاصة به على المبادئ الأساسية لكشف الأعطال بالأجهزة الإلكترونية ومعلومات عن استخدام الدوائر الكهربائية بالإضافة إلى الخبرات العملية لخبراء صيانة وإصلاح الأجهزة الإلكترونية. وقد تم بناء ( FOREST ) باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعى ( PROLOG ) بجامعة بنسلفانيا بالتعاون مع شركة ( RCA ).

### النظام الخبير ( PEACE )

ويساعد المهندسين على تصميم الدوائر الإلكترونية. ويقوم النظام بتصميم وتحليل الدوائر المنطقية والخاملة ( Digital and Passive Circuits ) وذلك بتطبيق المعارف الخاصة بتصميم الدوائر. وقد تم بناء هذا النظام بجامعة مانشستر بانجلترا باستخدام لغة ( PROLOG ).

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( SADD )

ويساعد المهندسين على تصميم الدوائر الرقمية ( Digital Circuits ) ويقوم المهندس القائم بالتصميم بتغذية النظام بوصف الوظائف المطلوب من الدائرة تأديتها والتي بناء عليها يقوم النظام ببناء التصميم المطلوب. ويتم تمثيل قاعدة المعرفة والتي تشمل معلومات عن العناصر المكونة للدوائر المختلفة باستخدام الأطر ( Frames ). وقد تم بناء النظام باستخدام لغة ( LISP ) بجامعة ميريلاند.

### النظام الخبير ( SOPHIE )

ويقوم بتعليم الطلبة كيفية تحديد الأعطال في الدوائر الكهربائية. ويقوم النظام بتوضيح كيف يتم تحديد مكان أى عطل وذلك بالسماح للطالب باختيار عطل فى دائرة يتم محاكاتها باستخدام برنامج محاكاة مرتبط بالنظام الخبير. ثم يقوم النظام بتتبع الخطوات اللازمة لإيجاد العطل ويقوم بشرح كيف يؤدي عطل فى أحد المكونات أو العناصر إلى حدوث عطل آخر. وقد تم بناء هذا النظام باستخدام لغة ( INTERLISP ) بالتعاون بين شركات ( Bolt , Beranek and Newman ).

## ١٢ - ٧ بعض النظم الخبيرة فى مجال القانون ( LAW )

### النظام الخبير ( DSCAS )

ويساعد المقاولين على تحليل النواحي القانونية للمطالبات الناجمة من اختلاف موقع العمل فى الأعمال الإنشائية. ومطالبة ( DSC ) تمنح تعاقدية الوسيلة القانونية لاسترداد أى نفقات إضافية يتعرض لها المقاول نتيجة اختلاف الشروط والمواصفات الفعلية لموقع العمل عن تلك المذكورة فى التعاقد الأصيل. ويقوم النظام الخبير ( DSCAS ) المسئول عن عقود الأعمال الإنشائية بالإجراءات القانونية اللازمة والمطلوبة للتعامل مع مطالبة ( DSC ). وإذا قرر ( DSCAS ) أن هناك سببا لعدم إضافة النفقات الإضافية المطلوبة ، فإن عملية التحليل تتوقف ويتم عرض الشرح المطلوب. ويحتوى ( DSCAS ) على نموذج لعملية إتخاذ القرار الذى يتم بمعرفة المحامين عند تحليلهم لمطالبات ( DSC ) ويتم تخزين المعارف فى ( DSCAS ) باستخدام القواعد التى يتم التحكم فيها باستخدام أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) وقد تم بناؤه فى جامعة كولورادو باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( ROSIE ).

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( JUDITH )

ويساعد المحامين على التحليل المنطقي للقضايا الحديثة. ويقوم النظام الخبير بسؤال المحامين حتى يتم تأصيل وإنشاء الأسانيد القانونية المطلوبة لقضية من القضايا. ونظام ( JUDITH ) مكتوب بلغة فورتران ( FORTRAN ).

### النظام الخبير ( LDS )

وهو يساعد الخبراء القانونيين في تسوية القضايا الخاصة بالمسئولية القانونية للمنتجات الصناعية. ويأعطائه وصف المنتج الخاص بالقضية المعروضة وجوانب النزاع يقوم النظام بحساب ما يترتب على المسئولية القانونية للمدعى عليه ( Defendant ). ونظام ( LDS ) نظام خبير مبنى على القواعد ( Rule - Based ) تم بناؤه بشركة راند ( Rand Corporation ) باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( ROSIE ).

### النظام الخبير ( LRS )

ويساعد المحامين على استرجاع المعلومات الخاصة بقرارات المحاكم والشرائح والقوانين في مجال التعامل بالشيكات والكمبيالات ( Promissory Notes ) بالقانون التجاري. ويتم تخزين المعارف في ( LRS ) باستخدام شبكات الألفاظ الدلالية ( Semantic Nets ) والتي تحتوى على ما يزيد عن ٢٠٠ مبدءاً قانونياً. وقد تم بناء ( LRS ) بجامعة ميتشجان.

### النظام الخبير ( SAL )

ويقوم بمساعدة المحامين على تقييم الإدعاءات الخاصة بالتعويضات على الأخطار التي تنجم عن التعرض للحريز الصخرى "الأسبستوس" ( Asbestos ). ونظام ( SAL ) نظام خبير مبنى على القواعد ( Rule - based System ) ويستخدم التسلسل المتقدم ( Forward Chaining )، وتم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( ROSIE ) بشركة "راند" ( Rand Corporation ).

### النظام الخبير ( SARA )

ويقوم بمساعدة المحامين على تحليل القرارات التي يتم اتخاذها في القضايا المعروضة. ويأعطاء النظام الخبير الحقائق الخاصة بالقضية والقرارات التي تم التوصل إليها فإنه يوفر للمحامين العناصر والعوامل المرتبطة بالقرار الذي تم إتخاذها. فعلى سبيل المثال يمكن أن يكون إيجار الشقة المملوكة

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

أعمالاً من العوامل التي تتيح منح معونة إجتماعية ( Social Aid ). وتمثل المعارف الموجودة فى ( SARA ) باستخدام الأطر ( Frames ) وقد تم بناؤه فى مركز الأبحاث النرويجي للحاسبات والقانون ( Norwegian Research Center for Computers and Law ).

## النظام الخبير ( TAXADVISOR )

ويساعد المحامين فى تخطيط الضرائب للعملاء ذوى الملكية الكبيرة ( التي تتعدى ١٧٥٠٠٠ دولار أمريكى ). ويقوم النظام الخبير بناء على بيانات العملاء باستنتاج الإجراءات الواجب اتخاذها من قبلهم لتسوية موقفهم المالى. ويستخدم ( TAXADVISOR ) المعارف الخاصة بتخطيط الملكية اعتماداً على خبرة المحامين واستراتيجيتهم فى هذا المجال بالإضافة إلى بعض المعارف العامة المستقاة من الكتب والمراجع. ويستخدم النظام أسلوب تمثيل المعرفة المبني على قواعد الإنتاج التي يتم التحكم فيها باستخدام التسلسل الراجع ( Backward Chaining ) وقد تم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( EMYCIN ) بجامعة الينوى الأمريكية.

## ١٢ - ٨ بعض النظم الخبيرة فى مجال نظم الحاسب

### النظام الخبير ( CRIB )

وهو يساعد مهندسى الحاسبات والقائمين بصيانة النظم على تحديد أعطال المكونات والبرامج بالحاسبات. ويقوم المهندس المختص بإعطاء النظام وصفاً لملاحظاته عن مظاهر العطل بلغة إنجليزية بسيطة. ويقوم ( CRIB ) بمضاهاة ذلك مع قاعدة بيانات خاصة بالأعطال المعروفة ثم يقوم بالتوصل إلى الجزء المطلوب إصلاحه أو استبداله. وإذا تم الوصول إلى هذا الجزء ولم يتم إزالته العطل فإن النظام الخبير يحاول إيجاد أسباب أخرى تتلائم مع مظاهر العطل المعروض عليه. ويحتوى ( CRIB ) على الخبرة الخاصة بأعطال المكونات والبرامج الخاصة بنظم الحاسب على هيئة مجموعات من أزواج أعراض العطل وإجراءات إزالته. ويقوم ( CRIB ) بتمثيل جهاز الحاسب الموجود تحت الفحص والاختبار كوحدات فرعية ( Subunits ) بهرمية بسيطة فى شبكات الفاظ دلالية ( Semantic Nets ). وتم بناء هذا النظام باستخدام لغة ( CORAL 66 ) بتعاون مشترك بين شركة الحاسبات العالمية المحدودة ( ICL ) International Computers Limited ومركز البحوث والتطورات المتقدمة ( RADC ) Research and Advanced Development Center وجامعة برونل ( Brunel University ).

## النظام الخبير ( DART )

ويساعد على تشخيص الأعطال في المكونات المادية لنظم الحاسبات ( Hardware ) وذلك باستخدام معلومات عن تصميم الحاسب الجارى فحصه واختباره. وقد تم استخدام ( DART ) مع دوائر الحاسب البسيطة وكذلك الحاسبات الكبيرة مثل ( IBM4331 ) وتم بناؤه باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( MRS ) بجامعة ستانفورد.

## النظام الخبير ( MIXER )

ويساعد المبرمجين على كتابة البرامج الدقيقة ( Micro programs ) لشرائح السيليكون عالية التكامل طراز ( T1990 VLSI Chip ). ويعطاء النظام الخبير وصفا للبرنامج المطلوب فإنه يقوم بإنتاج شفرة البرنامج ( Micro code ) المثالى لشريحة ( T1990 ). وقد تم بناء ( MIXER ) باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعي "برولوج" ( PROLOG ) في جامعة طوكيو.

## النظام الخبير ( TIMM / TYNER )

وهو يساعد على ضبط نظم الحاسبات من طراز ( VAX / VMS ) وذلك لتقليل من المشاكل التي تؤثر في جودة الأداء. ويتفاعل النظام الخبير مع مدير النظم ويتحاور معه على هيئة سلسلة من الأسئلة تؤدي في النهاية إلى الخروج بتوصيات معينة يتم إتخاذها لتحسين الأداء. وهذا النظام الخبير مبني على القواعد ( Rule - based ) باستخدام ( TIMM ) كوسيلة إكتساب معرفة. وقد تم بناء ( TIMM / TYNER ) بشركة ( General Research Corporation ).

## النظام الخبير ( YES / MVS )

ويساعد مستخدمي الحاسبات التي تعمل بنظم التشغيل ( Multiple Virtual Storage ) أو ( MVS ) على مراقبته والتحكم فيه. ويعتبر نظام التشغيل ( MVS ) من أوسع نظم التشغيل استخداما في الحاسبات الكبيرة ( Mainframes ) من طراز ( IBM ). ونظام ( MVS / YES ) نظام خبير مبني على القواعد ( Rule - based Expert System ) ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ). وقد تم بناؤه باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة ( OPS5 ) بواسطة مجموعة النظم الخبيرة بمركز الأبحاث التابع لشركة ( IBM ) في مرتفعات يوركتون نيويورك.

## ١٢ - ٩ بعض النظم الخبيرة في مجال الفيزياء (Physics)

### النظام الخبير ( GAMMA )

ويساعد المتخصصين في الطبيعة النووية على التعرف على تركيب العناصر المجهولة وذلك بتفسير طيف أشعة جاما الناتج عن هذف هذه العناصر بالنيوترونات. ويقوم النظام الخبير بالتعرف على هذه العناصر باستخدام المعارف الخاصة بكثافة وطاقة الإشعاع التي تصدر عن المواد والعناصر المختلفة وقد تم بناء النظام بمركز أبحاث "شلومبيرجر - دول" (Schlumberger - Doll Research).

### النظام الخبير ( MECHO )

وهو خاص بالمشاكل الميكانيكية مثل نظم البكر ( Pulley Systems ) ، وعزم القصور الذاتي ( Moment - of - Inertia ) ومسائل معدل الزمن والمسافة. ويعرض المشكلة على شكل نص إنجليزي ( English Text ) فإن ( MECHO ) يقوم ببناء قاعدة معرفة تشمل الحقائق والاستدلال المنطقي والقيم السابقة التعريف. ونظام ( MECHO ) نظام مبني على القواعد وتم بناؤه بجامعة إيدنبرج ( University of Edinburgh ) باستخدام لغة البرمجة ( PROLOG ).

## ١٢ - ١٠ بعض النظم الخبيرة في مجال تكنولوجيا الفضاء

### النظام الخبير ( ECESIS )

ويوفر التحكم الذاتي (Autonomous Control) لنظام فرعي يطلق عليه اسم ( EC/LSS ) وهي الأحرف الأولى لجملة ( Environmental Control/Life Support Subsystem ) وهذا النظام الفرعي يوجد في سفن الفضاء. ويقرر هذا النظام الخبير كيف يمكن التحول إلى النظم الفرعية المختلفة لـ ( EC / LSS ) وذلك أثناء الانتقال من الظل إلى الشمس. كما أنه يقوم أيضا بمراقبة نظام ( EC / LSS ) وتنفيذ الإجراءات اللازمة كرد فعل للأحداث المختلفة. ورغم أن نظام ( ECESIS ) مصمم للعمل ذاتيا إلا أنه يحتوى على إمكانية للشرح المبسط وذلك لتدعيم عرض النظام. وهو نظام خبير يشتمل على كل من القواعد وشبكات الألفاظ الدلالية ( Semantic Nets ) لتمثيل المعرفة المخزنة بقاعدة المعرفة. وقد تم بناء هذا النظام بشركة بوينج للفضاء ( Boeing Aerospace Company ) باستخدام حزمة بناء نظم خبيرة يطلق عليها اسم ( YAPS ).

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( FAITH )

وهو يعمل كخبير لتشخيص الأعطال في مركبات الفضاء وذلك عن طريق مراقبة البيانات المرسلّة إلى الأرض من خلال وسائل التحكم من بعد في سفن الفضاء. ويستخدم ( FAITH ) المعارف المخزّنة داخله عن الأنظمة الموجودة تحت الفحص بمركبة الفضاء وذلك لتقييم البيانات الواردة إليه منها واكتشاف أسباب الأعطال التي يتمّ تحديدها. ويتمّ تمثيل المعرفة في نظام ( FAITH ) باستخدام كل من قواعد الإنتاج ( Production Rules ) والأطر ( Frames ) ، كما أن ماكينة الاستدلال به تستخدم أسلوب التسلل الراجع ( Backward Chaining ) والتسلل المتقدم ( Forward Chaining ) للاستدلال المنطقي بالإضافة إلى ما يطلق عليه المنطق الإسنادي ( Predicate Logic ) وقد تم بناء هذا النظام الخبير بمعمل حيث بروبلسن ( Jet Propulsion Laboratory ) .

### النظام الخبير ( KNEECAP )

وهو يساعد على التخطيط لأنشطة أطقم رجال الفضاء العاملين على مكوك الفضاء ( Space Shuttle ) . وأثناء التخطيط لمهمة المكوك الكلية ، فإن النظام الخبير يقوم باختبار الخطة وإظهار أي تعارض أو عدم توافق في الجدول الزمني لتنفيذ مهمة المكوك. ويستخدم ( KNEECAP ) المعلومات والمعارف الخاصة بمركبة الفضاء ، وأماكن الإطلاق والهبوط ، ومهارات رجال الفضاء ، والأنشطة المختلفة للمكوك ، والحمولة الجارية للمكوك ، ودور طاقم المكوك في اتخاذ القرارات. ويتم تمثيل المعرفة في ( KNEECAP ) باستخدام الأطر ( Frames ) . وقد تم بناؤه بشركة ميتتر ( MITRE Corporation ) باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعي ( INTERLISP ) .

### النظام الخبير ( LES )

ويقوم بمراقبة تحميل الأكسجين السائل في مكوك الفضاء بمركز كيندي للفضاء ( Kennedy Space Center ) . وتكون المدخلات ( Input ) إلى ( LES ) عبارة عن سلسلة من القياسات في أزمنة متتابعة من نظام الإطلاق ومجموعة التحكم التي تتحكم في عملية تحميل الأكسجين السائل. ويقوم ( LES ) بمراقبة ومتابعة القياسات الخاصة بالحرارة والضغط ومعدل التدفق ( Flow Rate ) ويقوم بتحديد ما إذا كان ( LES ) يقوم باستقبال بيانات صحيحة من المستشعرات ووسائل رصد البيانات أم لا. وعندما يقوم ( LES ) برصد أي شيء خارج عن المألوف والطبيعي ، فإنه يقوم بتنبيه الأشخاص المسؤولين عن المراقبة والمتابعة بالإضافة إلى قيامه بتشغيل البرنامج الخاص



## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

يكشف مواطن الخلل وتحديد الأعطال. ويتم تمثيل المعرفة في ( LES ) باستخدام الأطر ( Frames ). وقد تم بناؤه في شركة مِتر ( MITRE Corporation ) بالتعاون مع مركز كيندى للفضاء باستخدام لغة برمجة الذكاء الاصطناعي ( ZETALISP ).

### النظام الخبير ( NAVEX )

ويقوم بمراقبة بيانات محطات الرادار التي تقوم بتقدير مكان وسرعة مكوك الفضاء، ويبحث عن أى أخطاء ويقوم بتحذير العاملين على شاشات المراقبة بمركز التحكم عند رصد أى أخطاء أو حتى عند التنبؤ بحدوثها. وعند رصد أى أخطاء فإن النظام الخبير يقوم بتقديم التوجيهات الخاصة بالإجراءات المناسبة لتلافي الخطأ الذى حدث. ويجمع ( NAVEX ) بين أسلوبى القواعد والهياكل لتمثيل المعرفة. وقد تم بناؤه بواسطة شركة ( Inference ) بالتعاون مع ناسا ( NASA ) بمركز جونسون للفضاء ( Johnson Space Center ) وذلك باستخدام حزمة بناء النظم الخبيرة ( ART ).

## ١٢ - ١١ بعض النظم الخبيرة فى مجال الكيمياء ( Chemistry )

### النظام الخبير ( CONGEN )

ويساعد الكيميائيين على تحديد التركيب البنائى للمركبات المجهولة. ويتم تغذيته بالبيانات الكيميائية وبيانات التحليل الطيفى ( Spectroscopic Data ) للمركب المطلوب تحديد تركيبه البنائى. وقد تم بناء هذا النظام الخبير بجامعة ستانفورد باستخدام لغة البرمجة ( INTERLISP ).

### النظام الخبير ( CRYSLIS )

ويقوم باستنتاج التركيب الثلاثى الأبعاد للبروتين من خريطة الكثافة الإلكترونية ( Electron Density Map (EDM) ) ويقوم النظام بتفسير بيانات الانحراف بأشعة أكس والتي تتكون من مكان وكثافة الموجات المنحرفة لاستنتاج هذا التركيب الذرى. وقد تم بناء هذا النظام الخبير بجامعة ستانفورد باستخدام لغة ( LISP ) ومعمارية السبورة ( Blackboard Structure ).

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( C - 13 )

ويساعد الكيميائيين المتخصصين في الكيمياء العضوية ( Organic Chemistry ) على تحديد التركيب البنائي للمركبات الحديثة العزل ( Newly Insulated ). وقد تم بناء هذا النظام بجامعة ستانفورد باستخدام لغة الذكاء الاصطناعي ( INTERLISP ).

### النظام الخبير ( OCSS )

ويقوم بمساعدة الكيميائيين على تركيب الجزيئات العضوية المركبة ( Complex Organic Molecules ) ويقوم بتحليل الجزيئات المستهدفة والمؤلفة بواسطة الكيميائي. وقد تم بناء هذا النظام بجامعة هارفارد الأمريكية ( Harvard University ).

### النظام الخبير ( SPEX )

ويساعد العلماء على تخطيط تجارب المعمل المعقدة حيث يقوم العالم بوصف الأشياء المطلوب عملها للنظام الخبير والذي يقوم بدوره بالمساعدة على عمل إطار خطة لتحقيق هدف التجربة المطلوبة. ثم يقوم النظام بعد ذلك بتنقيح كل خطوة تجريبية بالخطة وإدخال التحسينات عليها وجعلها أكثر تحديدا وربطها بالتقنيات والأهداف المخزنة بقاعدة المعرفة. ويتم تمثيل المعرفة في ( SPEX ) باستخدام الأطر، وتم بناؤه بجامعة ستانفورد باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة ( UNITS ).

### النظام الخبير ( SYNCHEM )

ويقوم بتركيب الجزيئات العضوية المركبة ( Complex Organic Molecules ) دون الحاجة إلى الحوار والتفاعل مع المستخدم ( User Interaction ) ويستخدم النظام الخبير المعلومات المتعلقة بالتفاعلات الكيميائية وذلك لعمل خطة لبناء الجزيء المستهدف من مجموعة من الجزيئات التي سيتم البدء بها. ويعمل النظام الخبير بأسلوب التسلسل الراجع ( Backward Chaining )، بادئا من الجزيء المستهدف ومحاو لا تحديد التفاعلات الكيميائية التي يمكن أن تؤدي في النهاية إلى إنتاجه. وقد تم بناء هذا النظام بجامعة نيويورك باستخدام لغة ( PL / 1 ).

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( TQMSTONE )

ويقوم بالضبط الدقيق لمقياس طيف الكتلة الثلاثى الرباعى ( Triple Quadruple Mass Spectrometer (TQMS) ) وذلك بتفسير بيانات الإشارات الصادرة من ( TQMS ) مثل سعة وشكل الطيف. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام الخبير باستخدام لغة الأطر ( Frames ) وقد تم بناؤه بشركة ( Intellicorp ) باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة ( KEE ).

### ١٢ - ١٣ بعض النظم الخبيرة فى المجال الحربى

#### النظام الخبير ( ADEPT )

ويساعد المحللين العسكريين على تقييم المواقف فى الميدان عن طريق التفسير التكتيكى لتقارير المخابرات ووسائل الإستشعار ورصد المعلومات الأخرى. ويستخدم النظام هذه التقارير لتكوين الموقف العسكرى فى أرض المعركة وعرضه على الشاشة. وهذا النظام الخبير لديه القدرة على شرح الأسباب التى بناء عليها يتم تقييمه للموقف العسكرى فى ميدان المعركة. وقد تم بناء هذا النظام بشركة ( TRW ) باستخدام أداة بناء النظام الخبير ( ROSIE ).

#### النظام الخبير ( AIRID )

ويقوم بالتعرف على الطائرات على أساس الرؤية بالنظر. ويقوم المستخدم فى هذه الحالة بإدخال المواصفات والخصائص التى تم رصدها بالرؤية بالنظر والظروف التى تمت خلالها هذه الرؤية ( مثل صفاء الجو أو دوائته ) ، ويقوم نظام ( AIRID ) باستخدام هذه المعلومات ومقارنتها بالمعارف المخزنة بقاعدة معرفته والمستقاة من مجموعات الجينز الخاصة بخصائص الطائرات فى العالم وذلك للوصول إلى هوية الطائرة. وقد تم بناء ( AIRID ) باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة ( KAS ) ويتم تمثيل المعرفة فيه باستخدام القواعد وشبكات الألفاظ الدلالية ( Semantic Nets ).

#### النظام الخبير ( AIRPLAN )

ويساعد ضباط العمليات الجوية بحاملات الطائرات على تنظيم اقلاع وهبوط الطائرات عليها. ونظام ( AIRPLAN ) نظام مبنى على القواعد وقد تم بناؤه بجامعة كارينجى ميلون باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة ( OPS 7 ).

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( ANALYST )

ويساعد القادة في الميدان على تقييم الموقف في أرض المعركة. ويعرض النظام على الشاشة توزيع القوات المعادية وأماكن تركزها ويتم ذلك في الزمن الحقيقي بناء على المعلومات التي ترد إليه من المستشعرات المختلفة كما يقوم برصد تحركات القوات. ويحتوى ( ANALYST ) على الخبرة المكتسبة من محلى المخابرات متضمنة كيفية تفسير ودمج بيانات المستشعرات المختلفة. ويتم تمثيل المعرفة في هذا النظام الخبير باستخدام الأطر ( Frames ) والقواعد ( Rules ) وقد تم بناؤه بشركة ميتر ( MITRE ) باستخدام لغة البرمجة ( FRANZ LISP ).

### النظام الخبير ( ASTA )

ويساعد محلى نظم الحرب الإلكترونية على تحديد طراز الرادار عن طريق رصد موجات كهرومغناطيسية صادرة منه. ويقوم النظام بتحليل الإشارات الصادرة من الرادار مستعينا في ذلك بقاعدة معرفته التي تحتوى معلومات تفصيلية عن مجموعة كبيرة من الرادارات ومواصفاتها. ويتم تمثيل المعرفة في ( ASTA ) باستخدام القواعد ، وقد تم بناء النظام بشركة ( Advanced Information Decision Systems ).

### النظام الخبير ( BATTLE )

ويقوم بتقديم المعاونة وطرح التوصيات للقادة العسكريين في ظروف العمليات عن الأماكن المثلى لتركزات الأسلحة المختلفة. وهذا النظام الخبير يحسن أداء النظام المتكامل لإدارة النيران والمعاونة الجوية لمشاة البحرية الأمريكية وذلك بتقديم التوصيات المناسبة وفي التوقيت المناسب لمواقع الأسلحة وتركزاتها وبما يتناسب مع عدد ونوعية الأهداف المعادية وبما يضمن تدميرها. ويتم تمثيل المعرفة في نظام ( BATTLE ) باستخدام القواعد ، وقد قام بإنتاجه معمل أبحاث البحرية الأمريكية بواشنطن ( Naval Research Laboratory in Washington , D.C ).

### النظام الخبير ( DART )

وهو يساعد محلى نظم الحرب الإلكترونية في نظم القيادة والسيطرة الآلية ( Command , Control, Communication and Intelligence (C3 I) ) على معالجة وتحليل معلومات المخابرات. ويقوم هذا النظام بتقديم المشورة للمستخدمين للتعرف على الأماكن الحيوية في نظم القيادة والسيطرة الآلية المعادية كما يساعد على تحليل الرسائل المرتبطة بمواقف وأوضاع

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

الصراع المسلح. وهو مصمم أساساً على نظام حاسب طراز ( VAX 11/780 ) وقد قام بإنتاجه شركة بار للتكنولوجيا ( PAR Technology ) باستخدام لغات إجرائية هي ( PASCAL ) و ( C ).

### النظام الخبير ( EPES )

ويقوم أساساً بمساعدة طيارى المقاتلة ( ف - ١٦ ) على التعامل مع حالات الطوارئ المختلفة أثناء الطيران وتنفيذ المهام. ويستخدم هذا النظام المعارف الخاصة بمواصفات الطائرة ومهامها ليحدد كيف يمكن التصرف فى حالات الطوارئ. وفى حالة وجود أى طارئ فإن النظام يحذر الطيار ويبدأ فى اتخاذ الإجراءات الوقائية عن طريق طيار آلى. ويتم تمثيل المعرفة به باستخدام القواعد وشبكات الألفاظ الدلالية ( Semantic Nets ). وقد تم بناؤه بشركة تكساس انسترمنت الأمريكية ( Texas Instruments ) باستخدام لغة البرمجة ( ZETALISP ).

### النظام الخبير ( EXPERT NAVIGATOR )

ويقوم بمراقبة وتتبع أجهزة الإستشعار الملاحية ( Navigator Sensors ) والموجودة على متن الطائرات الأمريكية التكتيكية. ويقوم النظام بإدارة أعمال الأنظمة الملاحية المختلفة الموجودة بهذه الطائرات ومراقبة قدرتها على دعم المهمة الرئيسية للطائرة واقتراح البدائل فى حالة حدوث أى تهديد يعوق أو يهدد تنفيذ الطائرة لمهامها الرئيسية. ويتم تمثيل المعارف فى هذا النظام الخبير باستخدام القواعد فى إطار معمارية السبورة ( Blackboard Architecture ) وقد تم بناؤه بشركة ( Analytic Sciences ) باستخدام لغة البرمجة ( LISP ).

### النظام الخبير ( HANNIBAL )

ويقوم بأداء مهام تقييم الموقف فى المجال الخاص بمخابرات الاتصالات. ويقوم النظام بالتعرف على الوحدات المعادية ووسائل إتصالها وذلك عن طريق تفسير البيانات الواردة نتيجة التصنت ورصد وسائل الإتصال المختلفة وتشمل هذه البيانات على سبيل المثال التردد ( Frequency ) ، التوليف ( Modulation ) ونوع قناة الإتصال ( Channel Class ) ، .... الخ. ويتم تمثيل المعارف فى ( HANNIBAL ) باستخدام القواعد من مصادر متعددة من المعرفة ( Knowledge Sources ) فى إطار معمارية السبورة ( Blackboard Architecture ). وقد تم بناء النظام بمعرفة شركة ( ESL ) وباستخدام أداة بناء النظم الخبيرة ( AGE ).

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### النظام الخبير ( I & W )

ويقوم بمساعدة محللى المخابرات على التنبؤ بمكان وزمن أى مواجهة مسلحة يمكن أن تحدث مستقبلا. ويقوم النظام بتحليل تقارير المخابرات والتي تتضمن أوضاع القوات وتحركاتها والأنشطة التي تقوم بها وذلك للوصول إلى هذا التنبؤ. ويتم تمثيل المعرفة فى هذا النظام الخبير باستخدام الأطر ( Frames ) كما تم استخدام أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) للإستدلال المنطقى. وقد تم بناؤه بالتعاون مشترك بين شركة ( ESL ) وجامعة ستانفورد، واستخدم فى بنائه لغة البرمجة ( INTERLISP - D ).

### النظام الخبير ( KNOBS )

ويساعد هيئات القيادة فى مراكز القيادة الجوية التكتيكية على التخطيط للمهام. ويستخدم النظام المعارف الخاصة بالأهداف والإمكانات المتاحة والمهام المخططة وذلك لاختبار مدى التوافق بين المكونات المختلفة للخطوة ولجدولة الخطط المختلفة طبقا للأهمية والأولويات والمساعدة على تعديل الخطط القائمة وعمل خطط جديدة. ويتم تمثيل المعرفة فى ( KNOBS ) باستخدام الأطر ( Frames ) كما يتم استخدام أسلوب التسلسل الراجع ( Backward Chaining ) للإستدلال المنطقى. وقد تم بناء هذا النظام بمعرفة شركة ميتر ( MITRE Corporation ) واستخدم فى بنائه أداة بناء النظم الخبيرة ( FRL ) ولغة البرمجة ( ZETALISP ).

### النظام الخبير ( MES )

وقد قام بانتاج هذا النظام معهد التكنولوجيا التابع للسلاح الجوى الأمريكى وذلك للتغلب على مشكلة نقص الفنيين المهرة اللازمين لإصلاح وصيانة الطائرات العسكرية. وهو يساعد الفنى المبتدىء على تحديد العطل وتحديد كيفية إصلاحه. وقد تم انتقاء المعارف المخزنة فى هذا النظام الخبير من الكتالوجات الفنية الخاصة بصيانة وإصلاح هذه الطائرات مضافا إليها خبرة الفنيين القدامى الأكفاء فى هذا المجال. ونظام ( MES ) هو نظام خبير مبنى على القواعد ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم للإستدلال المنطقى وقد تم بناؤه باستخدام لغة ( LISP ).

### النظام الخبير ( SCENARIO - AGENT )

ويساعد لاعبي المباريات الحربية بتوفير نماذج لتصرفات دول العالم الثالث فى حالة نشوب خلافات إستراتيجية يمكن أن تؤدى إلى صراع مسلح. ويقوم هذا النظام بتوفير المعلومات اللازمة للمستخدم عما إذا كانت هذه الدول ستسمح بإعطاء الدول العظمى حق استخدام قواعد عسكرية فى

## أمثلة عملية للنظم الخبيرة

أراضيها من عدمه ومدى إمكانية إشراكها بقوات مسلحة في حالة نشوب صراع مسلح ومواجهة عسكرية في مناطق مختلفة من العالم. ويتم تمثيل المعارف في هذا النظام الخبير باستخدام القواعد ويستخدم أسلوب التسلسل المتقدم ( Forward Chaining ) للاستدلال المنطقي. وقد قام ببنائه شركة راند ( Rand Corporation ) باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة ( ROSIE ).

## النظام الخبير ( SPAM )

وهو نظام خبير أنتجته جامعة كارنيجي - ميلون الأمريكية ( Carnegie - Mellon ) وذلك للمعاونة في تفسير صور المطارات الجوية وتحديد مكوناتها والأهداف الحيوية بها وهو يحتوى على قاعدة بيانات للخرائط والصور يطلق عليها اسم " MAPS " ومخزن بها جميع المعلومات والسمات الأساسية الخاصة بذلك. ونظام ( SPAM ) نظام خبير مبنى على القواعد ( Rule - based )، وقد تم بناؤه باستخدام أداة بناء النظم الخبيرة ( OPS5 ).





٥

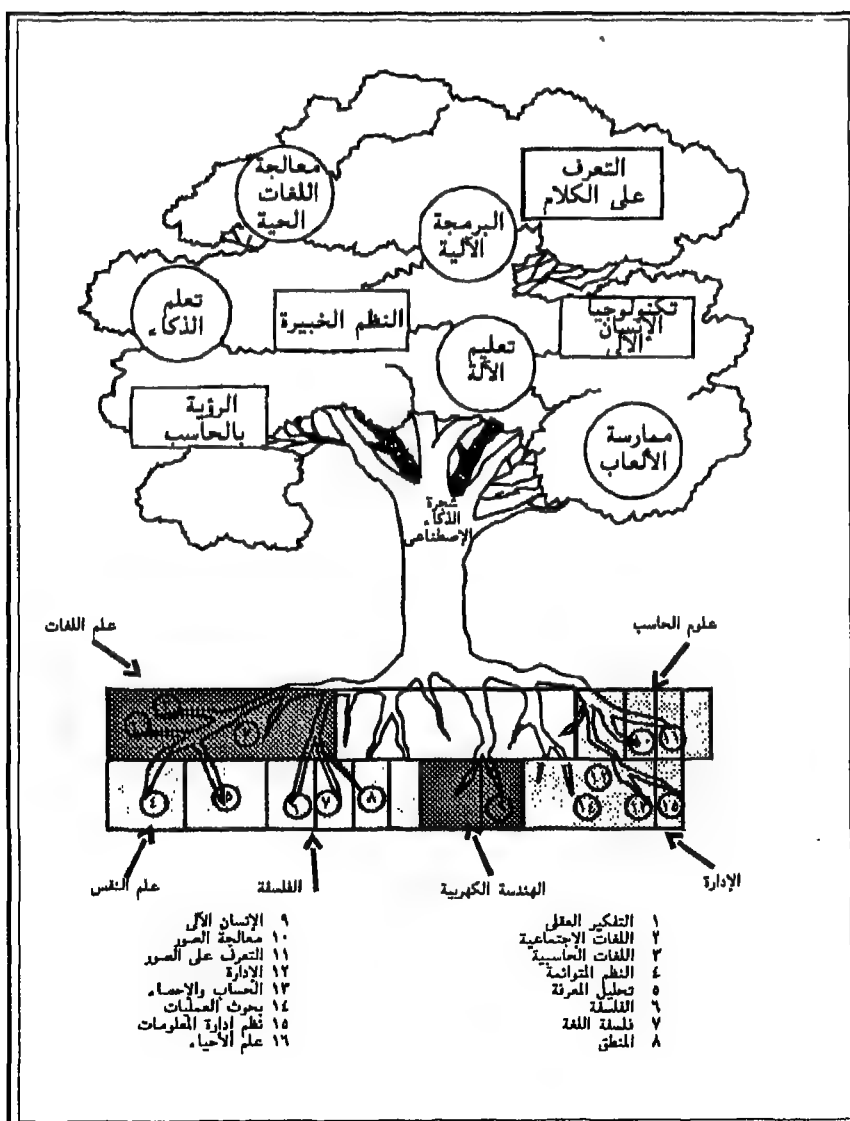
الجزء الخامس

تقنيات نظم  
الذكاء الاصطناعي  
( AI Technologies )



## مقدمة

تعرضت الفصول السابقة للمفاهيم المرتبطة بالذكاء الإصطناعي والنظم الخبيرة وطرق إكتساب المعرفة وتمثيلها. كما تعرضت أيضا لأدوات بناء نظم الذكاء الإصطناعي مع أمثلة عملية لبعض النظم الخبيرة. والنظم الخبيرة ليست هي التطبيق الوحيد للذكاء الإصطناعي وإنما هناك تطبيقات متعددة في مختلف مجالات الحياة كما يتضح من الشكل التالي.



وفى هذا الجزء يتم توضيح أهم تطبيقات نظم الذكاء الاصطناعى وأهم التقنيات التى نتجت عنه مثل فهم اللغات الحية وطرق معالجتها والرؤية بالحاسب والتعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى. وهذه التطبيقات والتقنيات - رغم أنها لاتغطى كل المجالات التى افترضتها نظم الذكاء الاصطناعى - إلا أنها تمثل أهم التقنيات التى سوف تكون نقطة إنطلاق لتقنيات أكبر سوف تؤثر تأثيرا كبيرا فى مستقبل التكنولوجيا.

ويتكون هذا الجزء من ثلاثة فصول حيث يوضح الفصل الأول تطبيقات فهم اللغة الحية وطرق معالجتها. ويوضح هذا الفصل المشاكل المصاحبة لفهم اللغة مثل الغموض ( Ambiguity ) وعدم التحديد ( Imprecision ) وعدم الكمال ( Incompleteness ). كما يوضح استخدام شبكات الانتقال التكرارى فى تحليل الجملة وكذلك تحليل الكلمة المفتاح والتحليل اللفظى. ثم يوضح هذا الفصل أيضا أهمية فهم الحاسب للغات الحية والتطبيقات المختلفة لهذا المجال مثل فهم النصوص والترجمة الآلية والإتصال بالنظم الخبيرة. وينتقل الفصل الثانى إلى مجال الرؤية بالحاسب ويوضح كيفية إكتساب الصورة ومعالجة الصورة ثم تحليلها وفهمها. وينتقل الفصل الثالث إلى تطبيقات التعرف على الكلام وكذلك تكنولوجيا الإنسان الآلى. ويبدأ هذا الفصل بشرح كيفية معالجة الكلام عن طريق التعرف عليه ثم تحليله وفهمه كما يوضح مميزات التعرف على الكلام. وينتقل هذا الفصل إلى الإنسان الآلى ( Robot ) ويوضح أجزاء الإنسان الآلى وتقنيات التحكم فيه والإنسان الآلى المؤازر وكذلك الإنسان الآلى الغير مؤازر والإنسان الآلى الذكى والإنسان الآلى المتحرك.

## الفصل الثالث عشر

فهم اللغات الحية  
وطرق معالجتها



## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها

إن وسيلة الاتصال الطبيعية بين البشر هي اللغة. ولكي يسلك الحاسب سلوك البشر فعلينا أن نجعله قادراً على فهم لغة الإنسان، أي جعل وسيلة الإتصال بينه وبين الإنسان ( المدخلات والمخرجات ) هي اللغة الحية التي يتعامل بها البشر مع بعضهم البعض.

وهذه المهمة ليست سهلة، وذلك لأن اللغة الحية تعتبر من الظواهر المتغيرة والمعقدة ومن الصعب وضع قواعد تحكمها وفي صورة يمكن برمجتها. وقد واجهت أبحاث الذكاء الإصطناعي في مجال معالجة اللغات الحية ( Natural Language Processing ) العديد من المشاكل بعضها تم التغلب عليه مع التقدم في قدرات الحاسب وتطور معالجاته ( Processors ). والبعض الآخر، وهو الغالب، والذي ينتمي إلى مشاكل في البرمجيات ( Software ) مازال يمثل عقبة كبيرة. ويرجع ذلك، كما تقدم إلى عدم القدرة على الفهم الجيد لكيفية استخدام اللغة الحية عند البشر وعدم القدرة على وضع نموذج كامل لوصف اللغة الحية.

لذلك يوجد اتجاهان في أبحاث معالجة اللغة الحية، الإتجاه الأول هو محاولة وضع نماذج للغة تعتمد على نوع اللغة والمجال الذي تصفه، والثاني هو محاولة وضع قواعد لغوية يمكن استخدامها لأي غرض وفي أي نص وعن طريقها يمكن فهم أي نوع من اللغات. والإتجاه الثاني يعتبر من أصعب الإتجاهات البحثية في هذا المجال ولم يوضع إلى الآن نموذج ناجح قادر على استخدامه.

## ١٣ - ١ المشاكل المصاحبة لفهم اللغة

إن اللغة الدارجة التي يتعامل بها البشر في العادة تحتوي على كثير من الغموض ( Ambiguity ) وعدم التحديد ( Imprecision ) وعدم الكمال ( Incompleteness ) وذلك بالمقارنة مع اللغة المكتوبة حيث يجب الإلتزام بالقواعد اللغوية التي تحكم اللغة. وهذه المشاكل هي التي تجعل من الصعب على الحاسب أن يفهم اللغة الدارجة التي يتعامل بها البشر مع بعضهم البعض. وتتلخص هذه المشاكل في الآتي :

### أ - الغموض ( Ambiguity )

وينتج هذا الغموض من ثلاثة احتمالات

الأول احتمال الكلمة لأكثر من معنى مثل :

## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها

- 1 - They kick the door to get in.
- 2 - The kick was forty yards or more.

فالكلمة ( Kick ) فى الجملة الأولى تعنى النقر على الباب وفى الجملة الثانية تعنى ركل الكرة. فكيف يفرق الحاسب بين مثل هذا الإزدواج اللغوى ؟

والإحتمال الثانى الغموض فى التركيب اللغوى فمثلا :

**I hit the man with a hammer**

هل معنى هذا أننى ضربت الرجل الذى يحمل الشاكوش أم أننى ضربت الرجل بالشاكوش. لايمكن تحديد المعنى الذى تحتويه الجملة إلا عن طريق سياق النص التى توجد به. ولكن كيف يقوم الحاسب بمثل هذا التحديد ؟

والإحتمال الثالث عدم تحديد على من يعود الضمير فى الجملة مثل :

**Ali hit Adel because he sympathized with Ahmed**

ففى هذا المثال من الذى يعود عليه الضمير ( he ) هل يعود على عادل أم على، أو بمعنى آخر من منهم الذى يتعاطف مع أحمد. وهذا لايمكن تحديده أيضا إلا عن طريق سياق الكلام التى توجد فيه هذه الجملة.

## ب - عدم التحديد ( Imprecision )

إن معظم الناس غالبا مايعبرون عن مفاهيم أو أفكار معينة باستخدام مفردات أو كلمات غير دقيقة ، مثل :

- 1 - I have been waiting in the doctor's office for a long time.
- 2 - The crops died because it hadn't rained in a long time.
- 3 - The dinasours ruled the earth a long time ago.

فى هذه الأمثلة الثلاثة يستطيع الإنسان تحديد الفترة التى تمثلها شبه الجملة ( a long time ) وذلك نتيجة خبرته السابقة فيمكنه تقدير مدة خمسة ساعات مثلا للجملة الأولى وشهر مثلا فى الثانية وعدة قرون فى الثالثة. ولكن كيف يفهم الحاسب مثل هذا التحديد ؟



## ج - عدم الكمال ( Incompleteness )

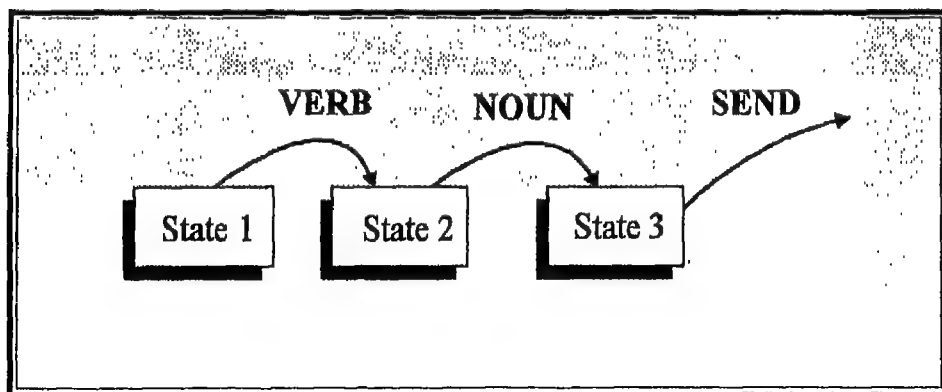
غالبا ما يسقط الناس في حديثهم كثيرا من التفاصيل بدون فقد فى المعنى المراد. وذلك لأن الناس يمكنهم عن طريق خبرتهم السابقة فهم ما بين السطور وما يعنيه المتحدث.

مثل هذه المصاعب التى يواجهها البحث فى معالجة اللغات الحية لاتوجد إلى الآن الحلول التى تتغلب عليها ولكن الجهود التى تبذل فى هذا المجال تعمل على حل بعضها.

ومن المشاكل التى لاقت بعض الحلول التحليل اللغوى وتحليل الجملة من حيث التركيب وذلك نتيجة وجود طرق كثيرة لتمثيل القواعد اللغوية. منها قواعد شبكات الانتقال التكرارى ( Recursive Transition Network Grammers, RTN ). وتتميز هذه القواعد بأنها يمكن تطبيقها فى كل من انتاج اللغة وفهم اللغة أو تحليلها. وهناك عدة طرق لتمثيل القواعد اللغوية ولكن طريقة شبكات الانتقال التكرارى هى الشائعة لسهولة استخدامها ولسهولة تطبيقها على الحاسب أى سهولة برمجتها.

## ١٣ - ٢ شبكات الانتقال التكرارى

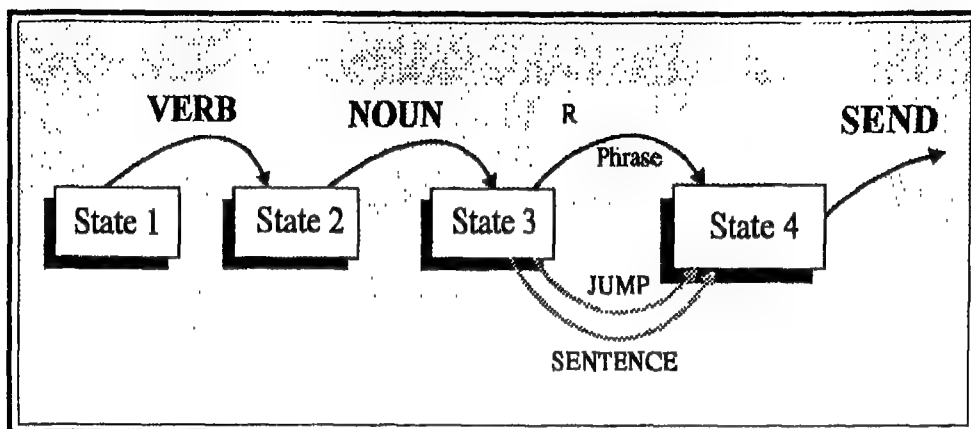
الفكرة الأساسية لطريقة شبكات الانتقال التكرارى ( RTN ) للتحليل اللغوى هى أن الجملة أثناء إعرابها ، أى تحليلها ، تعتبر سلسلة من الحالات. ويبدأ إعراب الجملة من اليسار إلى اليمين وتسمح كل حالة بعدد من الاختيارات أو الانتقال إلى حالة أخرى. والشكل ( ١٣ - ١ ) يمثل قاعدة أو شبكة الانتقال التكرارى لإعراب جملة مكونة من كلمتين ، مثل جملة الأمر ( Open the door ).



شكل ( ١٣ - ١ )

## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها

أما الشكل ( ٢ - ١٣ ) فيمثل جملة أكثر تعقيدا والتي تسمح بوجود أدوات الربط وشبه الجملة المكونة من الجار والمجرور .

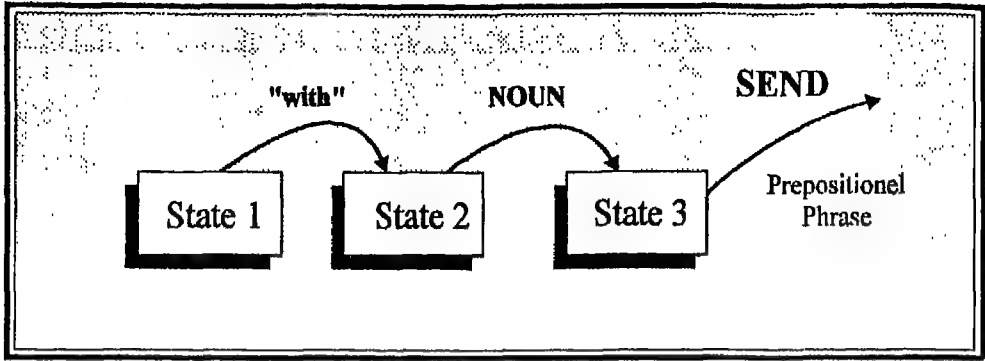


شكل ( ٢ - ١٣ )

وهذه الأشكال توضح أن الانتقال من حالة إلى أخرى يتم عن طريق أى مسار من المسارات التي تربط الحالتين ببعضهما ، فمثلا فى الشكل ( ٢ - ١٣ ) الانتقال من الحالة الأولى إلى الثانية يتم فقط إذا كان أول كلمة تمثل فعلا ( Verb ) وغير ذلك يعطى خطأ . وكذلك الانتقال من الحالة الثانية للثالثة يتم فقط إذا كانت الكلمة الثانية إسما ( Noun ) . أما فى الحالة الثالثة فيوجد أمامنا ثلاثة إختيارات للانتقال إلى الحالة الرابعة وهى الانتقال مباشرة عن طريق المسار ( JUMP ) ، أو فى وجود شبه جملة جار ومجرور ( Prepositional Phrase ) ، أو الانتقال فى وجود جملة ( Sentence ) . ويمكن تطبيق هذه الإختبارات بالبرمجة على سبيل المثال كالتالى : الانتقال المباشر يتم إذا لم توجد كلمات أخرى ، والانتقال الثانى يتم إذا وجد بعد الإسم حرف جر مثل ( With ) ، والانتقال الثالث يتم إذا وجد بعد الإسم أداة ربط مثل ( And ) ، وبالتبع فإن البحث عن جملة داخل جملة يعتبر إجراء تكراريا ( Recursive procedure ) له نفس السلسلة من الحالات .

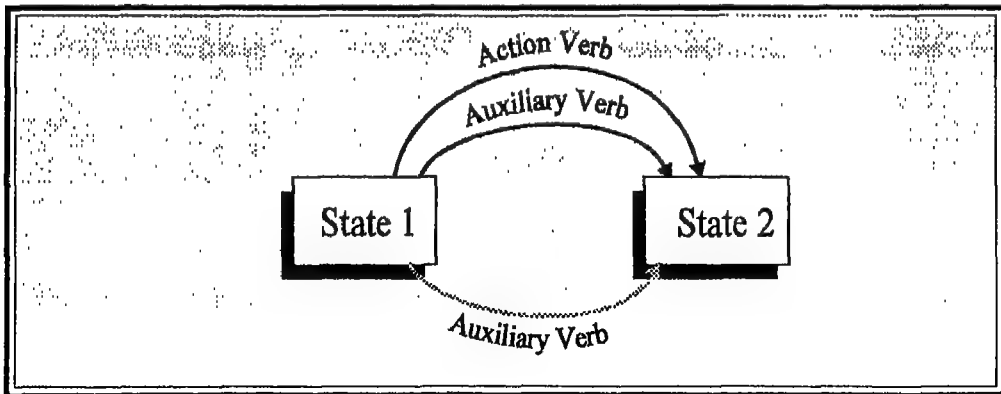
والشكل ( ٣ - ١٣ ) يمثل شبه الجملة الجار والمجرور ، فى الحالة الأولى يتم البحث أولا عن كلمة محددة " أداة الجر ( with ) " مثلا ، وفى الحالة الثانية عن إسما ( NOUN ) وفى الحالة الثالثة يتم الانتقال إلى القاعدة السابقة لهذه القاعدة .

## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها



شكل ( ١٣ - ٣ )

فكما ترى سهولة وقدرة هذا النموذج على تحليل الجملة الإنجليزية. وبالطبع ليس هذا كل ما يمكن تمثيله من القواعد لتحليل الجملة الإنجليزية. فهذه القواعد تحتاج إلى إضافات كثيرة لتغطي جميع أشكال الجمل الإنجليزية. على سبيل المثال، ليست جميع الجمل عبارة عن جملة فعلية، أي تبدأ بفعل، فهناك الجملة الاسمية. لذلك فيجب أن يكون هناك مساران للانتقال من الحالة الأولى إلى الحالة الثانية في شبكات الانتقال التكراري بدلاً من مسار واحد، أحدهما يسمح بالانتقال إذا كانت أول كلمة فعل والآخر إذا كانت اسم. كما أن هناك جملاً تحتاج لتمثيلها إلى وجود ثلاثة مسارات للانتقال من الحالة الأولى للثانية، مثل السؤال ففي اللغة الإنجليزية تستخدم الأفعال المساعدة دائماً لتكوين السؤال. وهذه الحالة تتطلب وجود مسار يسمح بالانتقال في وجود اسم والثاني يسمح بالانتقال في وجود فعل والثالث يسمح بالانتقال في وجود فعل مساعد. ومثل هذه الشبكات تقوم بتحليل، أي إعراب، ثلاثة أنواع من الجمل وهي الجملة الاسمية وجملة الأمر وجملة الطلب. والشكل ( ١٣ - ٤ ) يوضح هذه الانتقالات.



شكل ( ١٣ - ٤ )

## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها

وهكذا يمكن وضع تمثيل لكل قاعدة لغوية يتم تحليل الجملة بها. وهذا ما يجعل قواعد شبكات الإنتقال التكرارى ( RTN Grammar ) - والتي يمكن أن تستخدم لإنتاج الجمل الإنجليزية أو لإعرابها - من أفضل الطرق التى يمكن عن طريقها برمجة الحاسب ليقوم بمعالجة اللغات الحية مثل اللغة الإنجليزية.

## ١٢ - ٣ طرق معالجة اللغات الحية

كيف يتسنى للحاسب تحليل المدخلات من اللغة الحية وفهمها ثم انتاج مسلك معين ؟ وللإجابة على هذا السؤال سوف نتعرض بالنقاش إلى أهم التقنيات الشائعة الإستخدام فى برامج معالجة اللغات الحية. هذه التقنيات هى البحث باستخدام الكلمة المفتاح ( Key Word Search ) والتحليل الدلالى ( Semantic Analysis ).

### ١٢ - ٣ - ١ تحليل الكلمة المفتاح ( Key Word Analysis )

هذه الطريقة من الطرق التى استخدمتها البرمجيات القديمة لمعالجة اللغات الحية. وفيها يقوم برنامج معالجة اللغات الحية ( NLPP ) بالبحث فى الجملة عن الكلمة المفتاح ( key Word ) وبمجرد العثور عليها يقوم الحاسب بإصدار صوت أو تظهر رسالة معينة على الشاشة تفيد العثور على الكلمة. ويمكن أن تستخدم هذه الكلمة فى فهم الحاسب للمدخلات بحيث يقوم بعدها بعمل بعض التراكيب التى تهدف إلى الحصول على المخرجات. والشكل ( ١٣ - ٥ ) يوضح الإجراءات الأساسية التى يستخدمها برنامج معالجة الكلمات الحية لفهم جملة معينة. يبدأ البرنامج بعرض رسالة للمستخدم على شاشة الحاسب يطلب فيها تحديد المدخلات. ومن أمثلة هذه الرسالة :

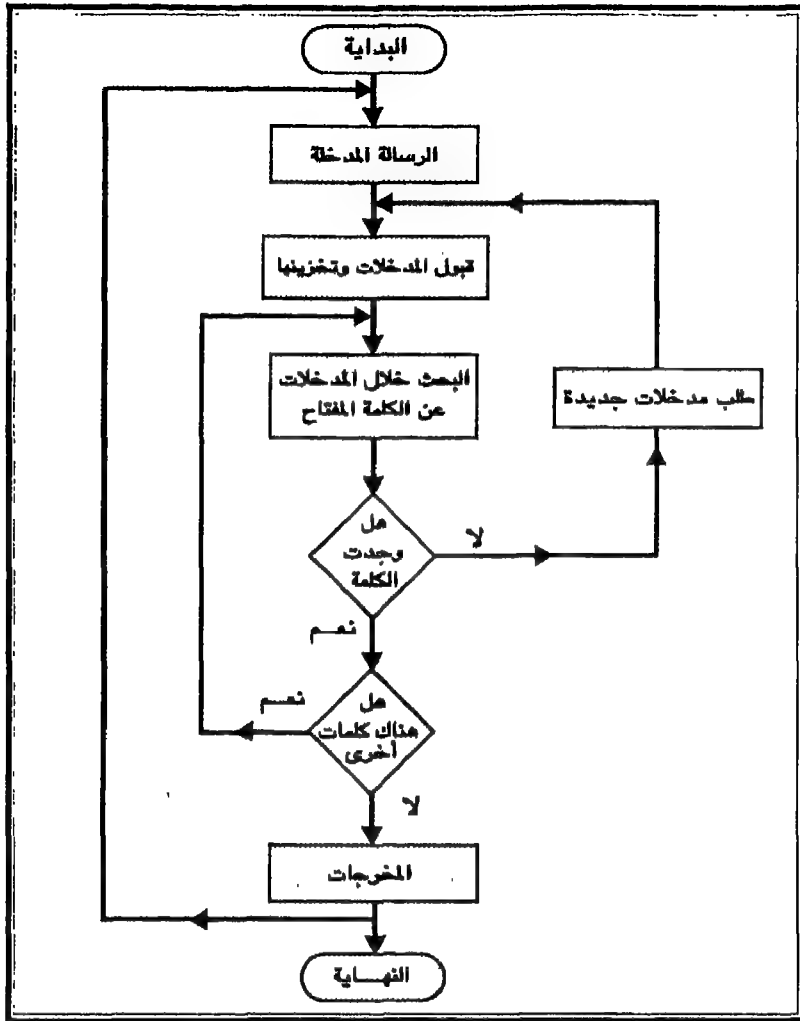
What can I do for you ?

Tell me your problem ?

What are your instructions ?

وتخزن الإجابة على هذه الأسئلة فى ذاكرة وسيطة للمدخلات ( Input Buffer ). ثم يقوم البرنامج بالبحث عن كلمات المفتاح فى جملة المدخلات ويستخدم لذلك أسلوب مضاهاة الأشكال ( Pattern - Matching ) حيث يتم مقارنة كل كلمة فى جملة المدخلات بقائمة من الكلمات سبق تخزينها ( Prestored ). ولسهولة عملية البحث يجب أن تحتوى القائمة على الكلمة ومرادفاتها. فمثلا يمكن أن تكون الكلمة المفتاح هى " أب " هذه الكلمة يمكن أن يوجد لها العديد من المرادفات مثل " أبى " ، " والد " ، " عائل " ، " راعى " . وهكذا ...

## فهم اللغات الجبة وطرق معالجتها



شكل ( ١٣ - ٥ )

وتنتهي عملية البحث بأحد احتمالين إما العثور على الكلمة وإما لا. في حالة عدم العثور على الكلمة تظهر رسالة تفيد ذلك على الشاشة مثل :

**I don't understand  
Please rephrase your message**

## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها

والتي تدعو المستخدم إلى إعادة التعبير عن الجملة. أما في حالة العثور على الكلمة المفتاح فيتم إستكمال عملية البحث باقى الكلمات. وبإنتهاء عملية البحث يقوم البرنامج بالإعداد للمخرجات بناء على مدلول الكلمة المفتاح.

### ١٢ - ٣ - ٢ التحليل الدلالي ( Semantic Analysis )

بالرغم من انتشار إستعمال أسلوب الكلمة المفتاح فهو ذو فائدة محدودة لعدم قدرته على التعامل مع الحالات التي تتغير فيها اللغة بصورة كبيرة. لذلك لجأ الباحثون في مجال الذكاء الإصطناعي إلى تطوير أسلوب جديد ومعقد لتحليل المدخلات من الجمل واستخراج المعانى منها. ويساعد الأسلوب الجديد على إجراء تحليل تفصيلي على القواعد اللغوية للجملة وتراكيبها اللفظية لتحديد المعنى الحقيقي للجملة وهي ليست بالمهمة السهلة لوجود العديد من الكلمات متعددة المعنى والتي يمكن جمعها بطرق عديدة لتكوين جملة. على سبيل المثال السؤال الآتي يمكن صياغته بخمسة طرق مختلفة :

- 1 - How many nonstop flights from Cairo to USA?
- 2 -Do you have any nonstop flights from Cairo to USA ?
- 3 -I would like to go from Cairo to USA without any layovers ?
- 4 -What planes leave Cairo and get to USA without stopping ?
- 5 -It's important that I find a nonstop Cairo - USA flight.

وبلاحظ أن الأسئلة تعطي نفس المعلومات بالرغم من تعدد صورها.

ويمكن لأحد طرق معالجة اللغات الحية بطريقة التحليل الدلالي تحديد المعنى المطلوب عن طريق سؤال المستخدم كالاتي :

" Do you mean to say ... , "

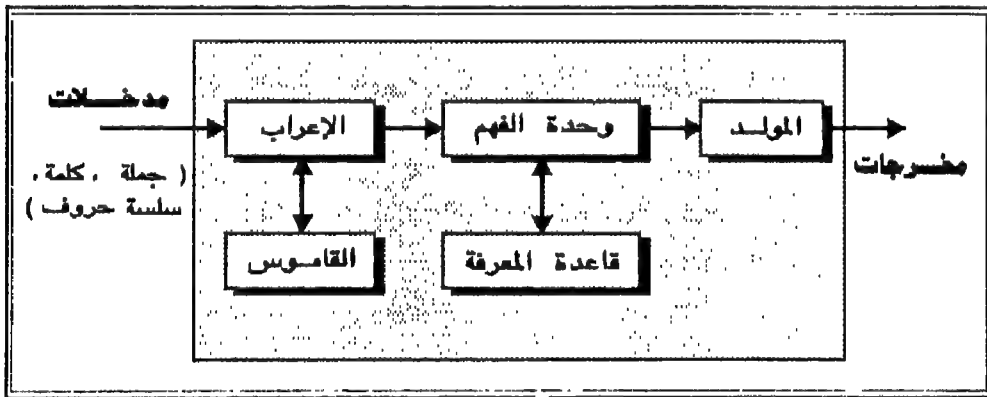
وتعتمد طريقة التحليل الدلالي على تحليل المدخلات إلى كلمات منفصلة ثم تجميع بعض هذه الكلمات لتكوين مقاطع صغيرة ( Morphemes ). ويقوم برنامج الإعراب ( Parser ) بعملية التحليل وذلك بالبحث عن شبه الجملة الأسمية وشبه الجملة الفعلية وجملة الجار والمجرور واختبار ماإذا كان إعراب الجملة صحيحا أم لا واختبار ماإذا كانت الكلمات تنتمي إلى نوعية لغوية معينة.

## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها

ويلى ذلك مرحلة التعرف على الكلمات باستخدام القاموس المخزن داخل البرنامج ( Lexicon ) واختبار صحتها إملائيا وإعطاء قائمة بكل المعانى المحتملة للكلمة ، فمثلا كلمة ( Can ) يمكن أن تكون فعلا يعنى قدرة ( Ability ) أو إسم يعنى إناء حاوى ( Container ) ، كما يتم ربط هذه المعانى بسياق الجملة ومقارنة ذلك ببعض التراكيب المخزنة داخل البرنامج لتحديد أى المعانى أنسب حتى يتم تحديد معنى الجملة كلها بطريقة صحيحة وتساعد وحدة الفهم ( Understander ) وقاعدة المعرفة فى عملية الفهم.

وتنتهى عملية التحليل الدلالى للمدخلات باستخدام المولد ( Generator ) للحصول على مخرجات حيث يقوم المولد بتكوين تراكيب بيانات تمثل المعنى المفهوم ويخزنها فى الذاكرة. وهذه البيانات قد تستخدم لتكوين شفرة ( Code ) للتحكم فى برنامج آخر أو إعطاء أوامر للبرنامج لإنجاز مهمة معينة. والمولدات أنواع منها البسيط الذى يخزن مجموعة من ردود الأفعال الجاهزة ويختار إحداها تبعا للمعنى المفهوم للمدخلات ومنها مولدات شديدة التعقيد ( Sophisticated ) يمكنها بناء رد الفعل من العدم ( From Scratch ).

وفى نموذج معالجة اللغات الحية الموضح فى شكل ( ٦-١٣ ) نلاحظ كيفية عمل وحدة الإعراب ( Parser ) والقاموس ( Lexicon ) ووحدة الفهم ( Understander ) وقاعدة البيانات والمولد معا.



شكل ( ٦-١٣ )

وهناك إعتبارات عديدة فى اختيار طريقة المعالجة المناسبة نذكر منها الآتى :

- ١- يجب تحديد القدرات المتوقعة من نظام المعالجة مثل قدرات إكتشاف الأخطاء والتحليل الدلالى.

## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها

- ٢- فى حالة توفر قدر كبير من المرونة عند إجراء عمليات التحليل الدلالى سيكون لذلك أثر كبير على اختيار المكونات المادية للحاسب المستخدم.
- ٣- من الإعتبارات الهامة تحديد ماإذا كان نظام المعالجة سيتعامل مباشرة مع المستخدم ( User ) أم مع برمجيات أخرى عن طريق وسائل الإتصال المختلفة.
- ٤- نظرا لاحتواء معظم اللغات الحية على مصادر غموض عديدة يجب أن يكون النظام قادرا على التعامل مع هذه المصادر وخاصة إزالة غموض المعانى المتعددة للكلمة الواحدة تلقائيا دون الحاجة لمساعدة المستخدم.
- ٥- يجب الأخذ فى الإعتبار طريقة الإتصال بين مخرجات برنامج الإعراب ( Parser ) ونموذج التطبيق لتحديد متى يتم توصيل المعالج بالبرنامج الموجود.

ويغطى نطاق تطبيق برمجيات معالجة اللغات الحية مساحات عديدة منها الإتصال بين نظم المعالجة والنظم الأخرى ، الترجمة الآلية من اللغات الحية الأخرى إلى لغة الحاسب ، فهم النصوص ، إدارة الوثائق وغيرها من التطبيقات العديدة.

## ١٣ - ٤ أهمية فهم الحاسب للغة الحية

الآن يأتى السؤال الذى يفرض نفسه وهو لماذا نريد أن يفهم الحاسب اللغة الحية ؟. أو بمعنى آخر ، ماهى التطبيقات التى تحتاج الى معالجة اللغات الحية ؟ وهذا ماتوضحه الأجزاء التالية.

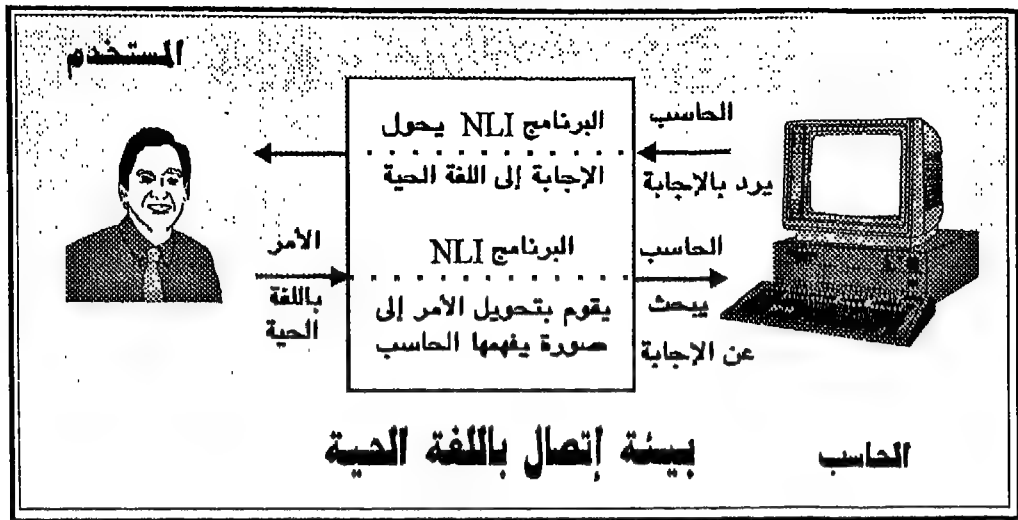
### ١٣ - ٤ - ١ بيئة إتصال بين الحاسب والمستخدم

تهدف الكثير من أبحاث معالجة اللغات الحية إلى بناء أو تطوير بيئة إتصال بين الحاسب والمستخدم ( Natural Language Interface, NLI ). وهى عبارة عن برامج تسمح للمستخدم بالإتصال بالحاسب ، أى التعامل معه ، عن طريق اللغة الحية مثل الإنجليزية. وهذه البيئة ، أو البرامج ، لاتقوم فقط بفهم اللغة الحية ولكن تقوم أيضا بإنتاجها. وذلك حتى تتمكن من فهم السؤال الموجه إليها من المستخدم والرد عليه بعد معرفة الإجابة فى صورة يفهمها المستخدم.

والشكل ( ١٣ - ٧ ) يوضح كيفية عمل برامج الإتصال هذه. حيث يقوم المستخدم بتوجيه السؤال المطلوب بكتابته باللغة الحية ، مثل الإنجليزية ، إلى الحاسب فيقوم برنامج الإتصال ( NLI ) بترجمة هذا السؤال إلى صورة يفهمها الحاسب. وبعد أن يقوم الحاسب بمعالجة السؤال والرد عليه ، يقوم برنامج ( NLI ) بترجمة هذا الرد وعرضه على الشاشة باللغة الحية مرة أخرى.



## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها



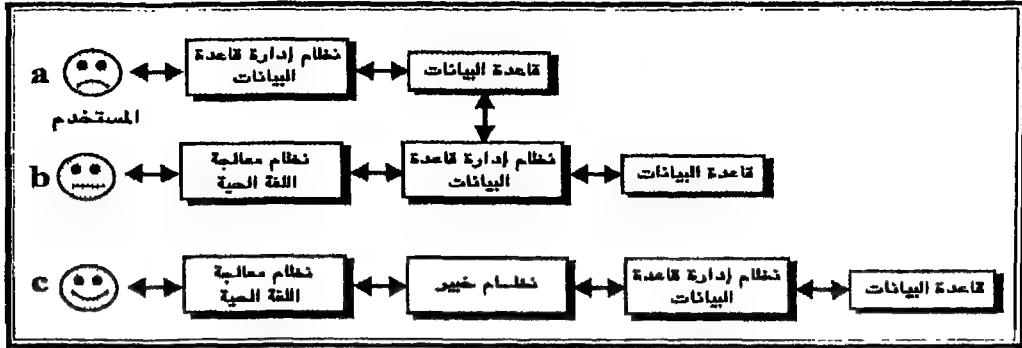
شكل ( ١٣ - ٧ )

### ١٣ - ٤ - ٣ الإتصال بالنظم الخبيرة

تعتبر معالجة اللغات الحية من الأدوات الهامة للنظم الخبيرة. فهي تخدم النشاطات الآتية : إدارة الحوار مع المستخدمين غير الفنيين ، تقديم الإستشارة ، شرح التوصيات بلغة المستخدم ، واكتساب المعرفة من مهندس المعرفة أو مباشرة من الخبير. والشكل ( ١٣ - ٨ ) يوضح بعض التراكيب التي تجمع بين نظم معالجة اللغات الحية والنظم الخبيرة. والجزء ( a ) من الشكل يوضح إستخداما حقيقيا لقاعدة بيانات مع نظام إدارة قواعد البيانات ( DBMS ). في هذه التراكيب يجب أن يتعلم المستخدم لغة إدارة قواعد البيانات وهي مهمة غير سهلة قد تستغرق أسابيع عديدة لإتقانها.

والجزء ( b ) يوضح إضافة نظام معالجة اللغات الحية ( NLP ) والذي يسهل من عملية الإتصال ولكن ليس على نطاق واسع. وتوصيل المعالج بنظام إدارة قواعد البيانات مباشرة ليس مهمة سهلة وخاصة في الحاسبات الكبيرة لهذا يستخدم النظام الخبير ليكون همزة الوصل بين معالج اللغات الحية ونظام إدارة قواعد البيانات كما يتضح في الجزء ( c ) من الشكل ( ١٣ - ٨ ) وذلك بإتاحة الفرصة للمعالج لاستخدام المعرفة الخاصة بالنظام الخبير. ومن الأمثلة التجارية لهذا النظام نظام ( Conversational Advisory System ).

## فهم اللغات الحية وطرق معالجتها



شكل ( ١٣ - ٨ )

### ١٣ - ٤ - ٣ فهم النصوص

تستخدم برامج معالجة اللغات الحية في فهم النصوص المكتوبة (Text Understanding) ، حيث يوجد الآن وسائل مثل الماسح الضوئي (Optical Scanner) تجعل الحاسب قادراً على قراءة رسالة مكتوبة والتعرف على الكلمات الموجودة داخل هذه الرسالة. وهنا يأتي دور برامج فهم اللغة الحية في جعل الحاسب يفهم محتويات تلك الرسالة والقيام بمعالجتها وإجراء العمليات المطلوبة فيها.

### ١٣ - ٤ - ٤ الترجمة الآلية

الترجمة الآلية هي مجال الذكاء الاصطناعي الذي يبحث في جعل الحاسب قادراً على الترجمة من لغة إلى أخرى. ويستخدم في هذا المجال برامج معالجة اللغة الحية بالطبع وذلك لفهم النص المكتوب باللغة الأولى وترجمته إلى المعنى المرادف له في اللغة الأخرى عن طريق برامج إنتاج اللغة الحية (Natural Language Generation Programs).

والأبحاث في هذا المجال تتركز بكثرة في أوروبا حيث يوجد عدد كبير من اللغات في منطقة صغيرة. لذلك وضع مشروع للترجمة الآلية تحت رعاية هيئة السوق الأوروبية المشتركة وبدأ تنفيذه في خمسة عشر جامعة في ثمانية بلدان أوروبية. كما أن هيئة التلغراف والتليفونات اليابانية عرضت نظام ترجمة آلية يقوم بالترجمة من الإنجليزية إلى اليابانية والعكس.

## الفصل الرابع عشر

### الرؤية بالحاسب

( Computer Vision )

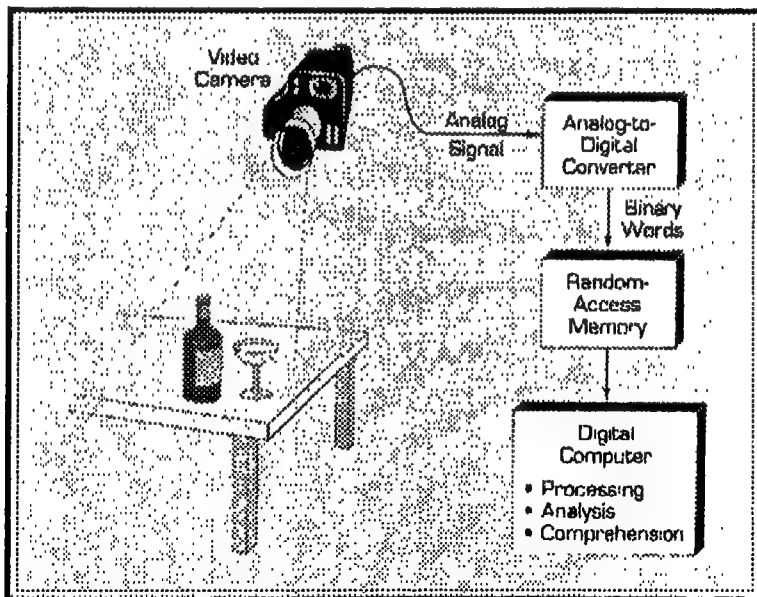


## الرؤية بالحاسب

تستخدم نظم الذكاء الاصطناعي ( AI ) طرقاً عديدة لمحاكاة عمليات التفكير والإستنتاج المنطقي عند الإنسان. ولأن وظيفة العقل لا تقتصر على عمليات التفكير والإستنتاج بل تتعداها إلى التحكم في كل حواس الإنسان وأهمها الرؤية والتي تمثل المدخلات ( Inputs ) التي يستطيع العقل عن طريقها التفاعل مع البيئة المحلية والتحكم في أجهزة الجسم. لهذا بدأت محاولات عديدة لمحاكاة عملية الرؤية في الإنسان باستخدام الحاسب. وتتم عملية محاكاة الرؤية في الإنسان باستخدام الحاسب على أربعة مراحل : إكتساب الصورة ، معالجة الصورة ، تحليل الصورة وأخيراً فهم الصورة.

### ١٤ - ١ إكتساب الصورة ( Image Acquisition )

في معظم نظم الرؤية بالحاسب تستخدم كاميرا فيديو كعين للحاسب حيث تقوم الكاميرا بترجمة الصورة إلى إشارات كهربية ثم تترجم هذه الإشارات إلى أعداد ثنائية ( Binary Numbers ) يستطيع الحاسب التعامل معها. ومخرجات الكاميرا عبارة عن إشارات تناظرية ( Analog Signals ) تعبر عن شدة الإضاءة في كل جزء من الصورة. ثم يستخدم محول تناظري رقمي ( Analog-to-Digital ) يقوم بتحويل الإشارات التناظرية إلى أعداد ثنائية يتم تخزينها في الذاكرة حتى يتم معالجتها. انظر شكل ( ١٤ - ١ ).

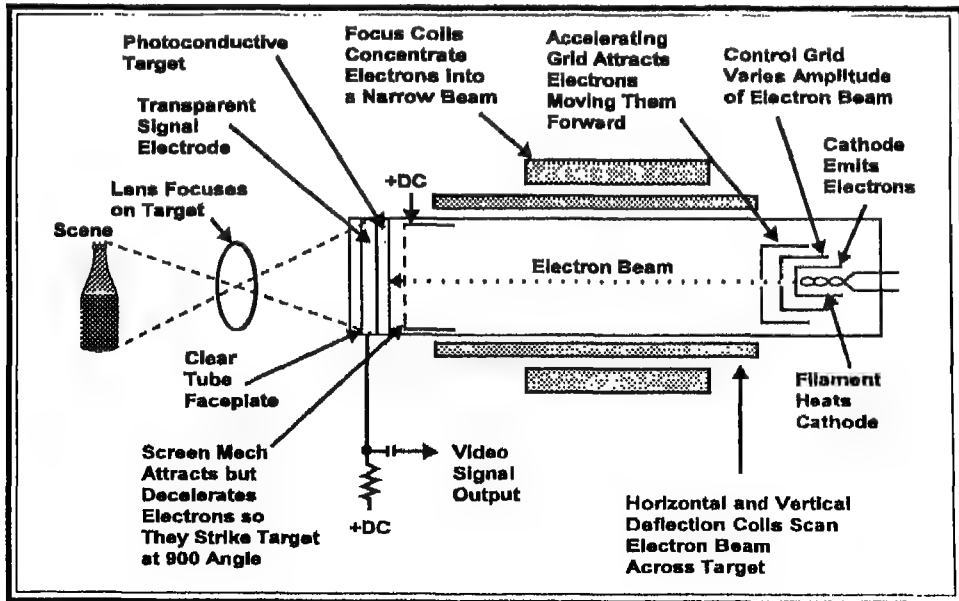


شكل ( ١٤ - ١ )

وسوف نتناول فيما يلي العناصر المساعدة لاكتساب الصورة بمزيد من التفاصيل.

## ١٤ - ١ - ١ كاميرات الفيديو ( Video Cameras )

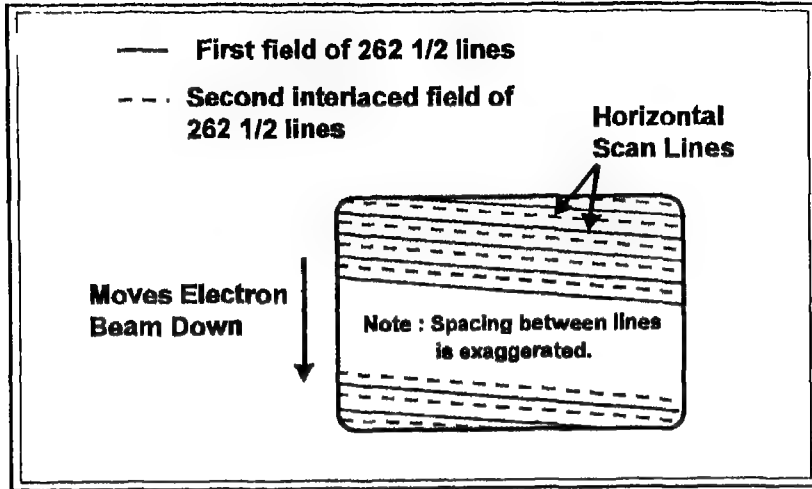
من الأجهزة شائعة الإستخدام مع كاميرات الرؤية بالحاسب والتي تقوم بتحويل الضوء إلى إشارات كهربية أنبوبية فيديكون ( Vidicon Tube ) وهى شائعة الإستخدام فى كاميرات التلفزيون. كذلك يستخدم مع كاميرات الرؤية جهاز آخر يسمى الشاحن الزوجى ( Charged Coupled Device ) ويختصر ( CCD ). ويوضح الشكل ( ١٤ - ٢ ) رسماً تخطيطياً لأنبوبة فيديكون. وأكثر الأجزاء أهمية فى هذا الجهاز هو هدف توصيل الصورة ( Photo Conductive Target ) ، وتقوم العدسات بتركيز الصورة على الهدف الذى يقوم بتخزينها على هيئة شحنات كهربية وتتغير شدة التوصيل حسب كمية الضوء الممتصة. ويتكون باقى الأنبوبة من مسدس إلكترونات ( Electron Gun ) محاط بملفات مغناطيسية ( Magnetic Coils ) حيث يقوم الكاثود بتوليد مجموعة كبيرة من الإلكترونات التى تتركز فى صورة عمود ( Beam ) يصطدم بالهدف من الداخل. وهناك أيضا ملفات مغناطيسية تحيط بالأنبوبة تتحكم فى الانحراف الأفقى والرأسى لعمود الإلكترونات والذى ينتج عنه مسح شامل للوجه الداخلى للهدف. هذا المسح ينتج عنه سريان التيار الكهربى بين الهدف وقطب الإشارات الشفاف ( Transparent Signal Electrode ) ويتناسب هذا التيار مع شدة الإضاءة. ومحصلة كل ماسبق هو الاشارات الخارجة من كاميرا الفيديو.



شكل ( ١٤ - ٢ )

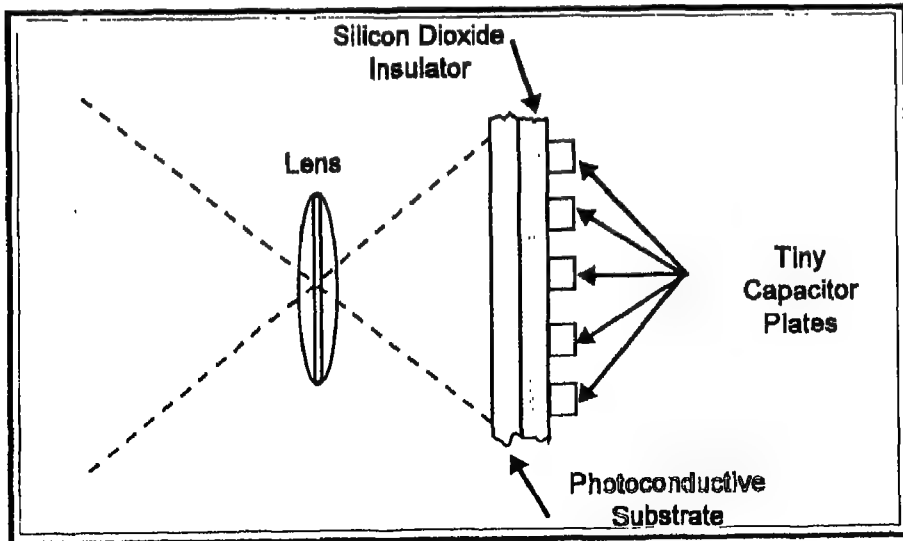
## الرؤية بالمحاسب

وفى عملية مسح الهدف يتم مسح ( ٥٢٥ ) سطر كما هو متبع فى نظام ( NTSC ) ، أنظر شكل ( ٣ - ١٤ ) .



شكل ( ٣ - ١٤ )

ومن الأجهزة المشابهة لأنبوب فيديكون جهاز الشاحن الزوجى ( Charged Coupled Device ) والموضح فى شكل ( ٤ - ١٤ ) . والجهاز عبارة عن دائرة متكاملة حساسة للضوء ( Light Sensitive ) يقوم بتحويل الصورة إلى إشارات كهربائية وذلك كما يلى :

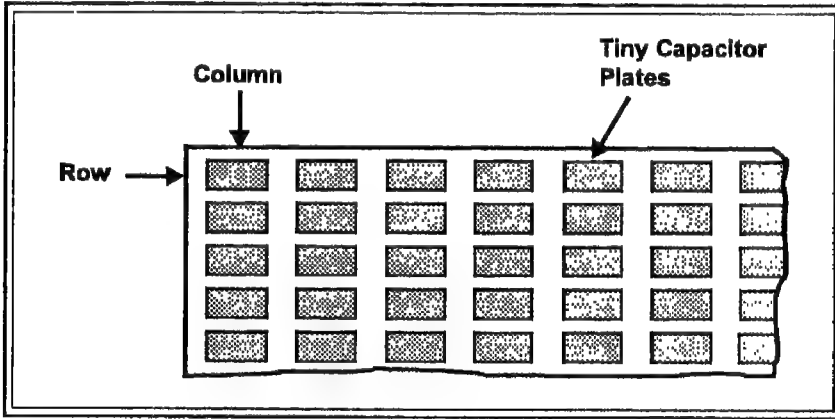


شكل ( ٤ - ١٤ )

## الرؤية بالحاسب

تقوم العدسات بتركيز الصورة على شريحة من السليكون موصلة للصورة بمعنى أنها تقوم بامتصاص الضوء وتخزينه على صورة شحنة كهربية فى آلاف من الألواح المكثفة الصغيرة ( Tiny Capacitor Plates ) مرتبة فى مصفوفة ذات أبعاد ( ٥٤ x ٦٤ ) أو ( ١٩٠ x ٢٤٤ ) أو ( ٣٩٠ x ٤٨٨ )، أنظر شكل ( ١٤ - ٥ ). ويفصل شريحة السليكون عن باقى الأقطاب المعدنية الصغيرة ( Tiny Metal Electrodes ) طبقة رقيقة من ثانى أكسيد السليكون.

ويتسبب الضوء الساقط على شريحة السليكون فى شحن المكثفات ثم يتم تفريغ الشحنة فى مستوى يعتمد على شدة الضوء. ولقراءة الصورة يتم التأثير على أقطاب المكثف بالتتابع من اليمين إلى اليسار باستخدام فولت متحكم ( Control Voltage ) ينتج عنه تفريغ المكثف وتنتقل الإشارات التناظرية إلى شريحة السليكون وكلما زاد عدد المكثفات زادت درجة وضوح الصورة وجودتها.



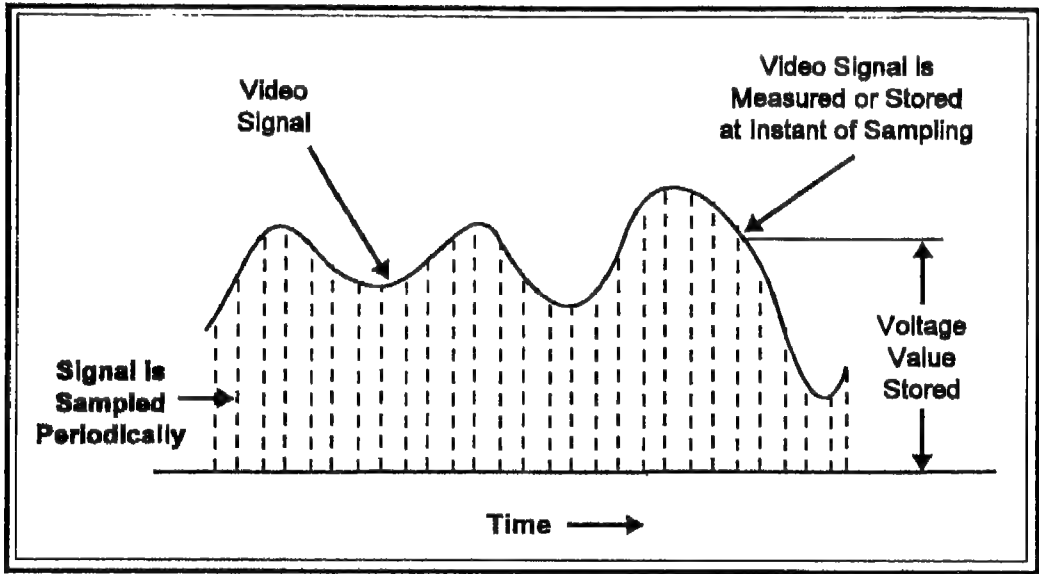
شكل ( ١٤ - ٥ )

ويفضل استعمال جهاز الشاحن الزوجى فى مجال الرؤية بالحاسب نظرا لصغره وشدة حساسيته بالإضافة إلى الفولت المنخفض اللازم لتشغيله مقارنة بأنبوبة فيديكون. ومعظم أجهزة الرؤية بالحاسب لا تتعرف على الألوان بل تسترجع الألوان إلى درجات من اللون الرمادى أى أن الرؤية بالحاسب تكون أبيض وأسود. والنظم المعدودة التى تتعرف على الألوان مكلفة جدا وشديدة التعقيد مثل نظام ( NAVLAB ).



## ١٤ - ١ - ٢ التحويل من تناظري إلى رقمي ( Analog - to Digital Conversion )

يتم تغذية مخرجات كاميرا الفيديو إلى محول تناظري - عددي ( Analog - to Digital Converter ) ويرمز له بالحروف ( ADC ). ويقوم المحول بتجزئة الإشارات التناظرية ثم يحولها إلى أعداد ثنائية متوازية. ويوضح الشكل (٦-١٤) عملية تجزئة ( Sampling ) للإشارات والتي تتم باستخدام جهاز يسمى ( Sample / Hold Amplifier ) كما يوضح بالشكل (٧-١٤).

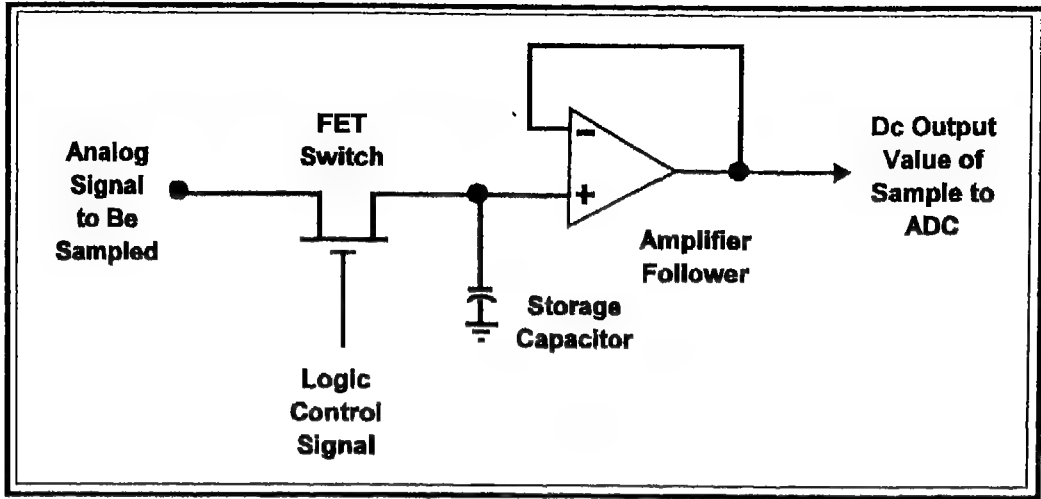


شكل (٦-١٤)

وكل مرة يتم فيها تجزئة الإشارات التناظرية بواسطة ( ADC ) يقال أن عنصر صورة ( Pixel ) قد تكون. وعنصر الصورة هو قيمة شدة الإضاءة في نقطة معينة على خط ما في الصورة التي يتم مسحها. والخط الواحد يتكون من ( ٢٠٠ ) إلى ( ٥٠٠ ) عنصر صورة.

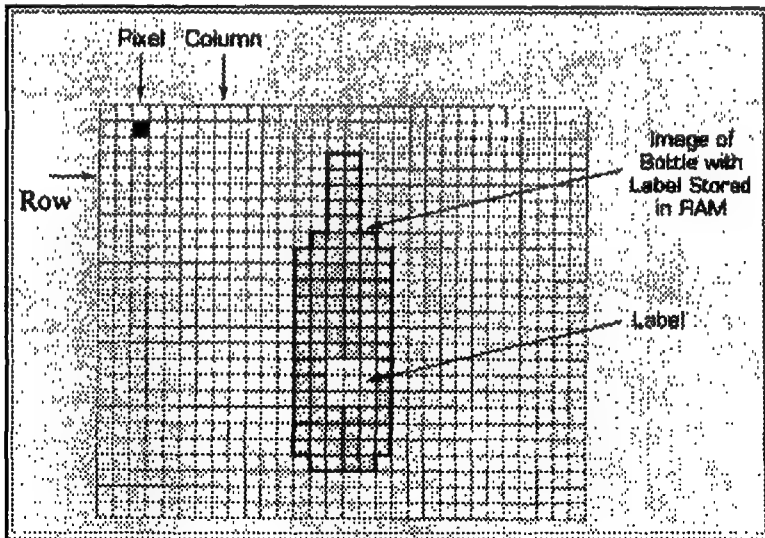
وعدد المخرجات من الخانات ( Bits ) من جهاز ( ADC ) تحدد درجة وضوح الصورة. ومتاح حالياً ثمانية خانات من المخرجات ( 8-Bits ) تستطيع خلق ( ٢٥٦ ) درجة من درجات اللون الرمادي مما يعنى جودة ودقة متناهية لأصغر تفاصيل الصورة.

## الرؤية بالحاسب



شكل (٧-١٤)

وبتجزئة إشارات الفيديو يتم تحويل كل سطر في الصورة الممسوحة إلى نقاط ضوئية ذات درجات متغيرة من اللون الرمادي وينتج عن ذلك مصفوفة من الخلايا التي تعبر عن الصورة. انظر شكل (٨-١٤).

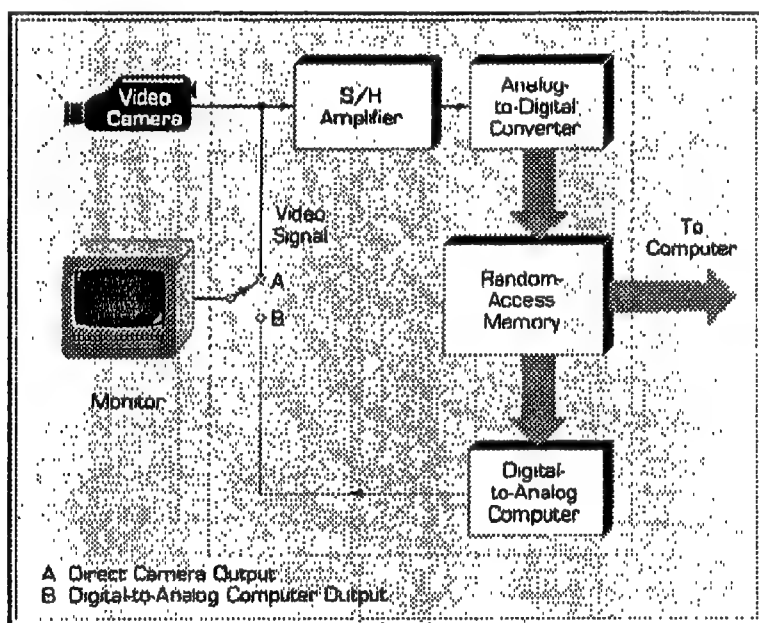


شكل (٨-١٤)

## الرؤية بالحاسب

والخلية الضوئية ( Pixel ) التى تمثل برقم ثنائى مكون من ثمانية خانئات ( 8 - Bits ) تخزن فى الذاكرة العشوائية ( RAM ). وفى معظم نظم الرؤية بالحاسب تستخدم ذاكرة عشوائية ( RAM ) خاصة بالرؤية ومنفصلة عن الذاكرة العشوائية المعتادة الخاصة بالحاسب وتسمى ذاكرة وسيطة ( Buffer RAM ) وتظل الصورة فى الذاكرة لحين تحسينها وتحليلها أو تحويلها إلى أشكال مختلفة.

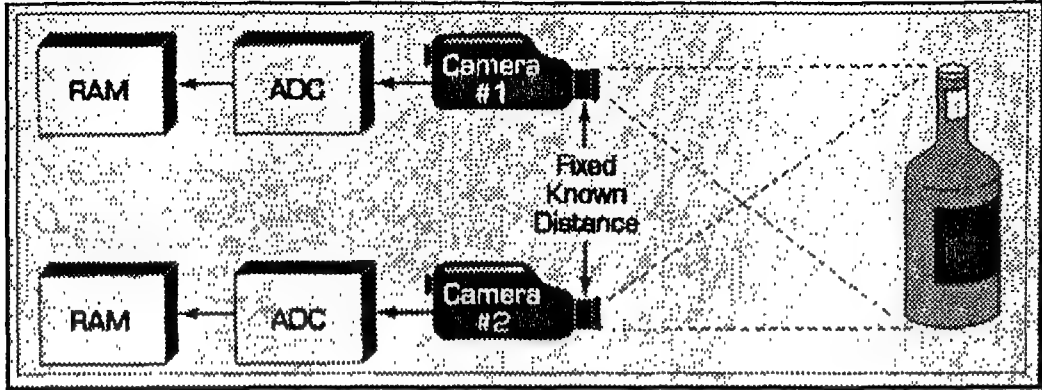
ومن المكونات المادية لنظم إكتساب الصورة أيضا شاشة عرض تعرض ما سجلته كاميرا الفيديو للتحكم فى ضبط الصورة قبل تسجيلها ، أنظر شكل ( ١٤ - ٩ ) الذى يوضح المكونات المادية لنظام الرؤية بالحاسب.



شكل ( ١٤ - ٩ )

والصورة الناتجة من كاميرا الفيديو تكون ثنائية البعد (Two-dimensional) وبالتالى لانستطيع رؤية العمق ولا تحديد المسافات الفعلية بين الأشياء فى الصورة الواحدة لذلك يمكن إستخدام اثنين كاميرا فيديو لتكوين صورة ثلاثية البعد كما يوضح شكل ( ١٤ - ١٠ ). وبمجرد تحليل وتخزين إحدى الصورتين فى الذاكرة يقوم الحاسب وبمساعدة الصورة الثانية بإجراء بعض العمليات الحسابية يتم بها تحديد وإظهار المسافات بين الأشياء وبعضها. والنظم ثلاثية البعد تكون عالية التكلفة وشديدة التعقيد وكذلك البرمجيات الخاصة بمعالجة البيانات مما يحد من استعمال هذه النظم.

## الرؤية بالحاسب



شكل ( ١٤ - ١٠ )

### ١٤ - ٣ معالجة الصورة ( Image Processing )

تبدأ معالجة الصورة بمجرد تخزينها على شكل بيانات ثنائية ( Binary Data ) فى الذاكرة والمعالجة هى عملية تحسين الصورة ( Image Enhancement ) ورفع جودتها.

فمنذ اللحظة الأولى التى تدخل فيها الصورة إلى الحاسب تتأثر وتهتز نتيجة بعض عيوب النظام ( System Imperfection ) مثل الإهتزاز الناتج من العدسات أو عدم دقة مسح الهدف فى نظم إكتساب الصورة مما ينتج عنه تغيير فى تمثيل شدة إضاءة بعض أجزاء الصورة وكذلك عدم دقة عملية التحويل من إشارات تناظرية إلى أعداد ثنائية. وقد تؤثر حساسية الكاميرا ومستوى الإضاءة وانعكاس الضوء من عدسة الكاميرا على درجة وضوح الصورة. أيضا تتسرب الموجات الكهربية التى تتداخل مع الإشارات التناظرية فيما يعرف بالتداخل ( Noise ) فى وجود نقط بيضاء وسوداء فى خلفية الصورة.

وتستخدم طرق معالجة الصورة فى التغلب على معظم هذه المشاكل والأجزاء التالية توضح بعض هذه الطرق.

#### ١٤ - ٣ - ١ مرحلة ما قبل المعالجة ( Preprocessing )

وتشمل هذه المرحلة تركيب مرشحات ( Filters ) للعدسات للتحكم فى كمية الضوء ولون العدسة وتأثير شدة إضاءة الأشياء فى الصورة. أيضا تشمل هذه المرحلة

التحكم فى وضع مصادر الإضاءة ( Light Sources ) لرفع معدلات الرؤية ومنع انعكاس الإضاءة من الشيء المراد تصويره.

### ١٤ - ٢ - ٢ تقليل التداخل ( Noise Reduction )

ويتم ذلك بأخذ أكثر من صورة لنفس المنظر ثم أخذ متوسطات لهذه الصور ( Averaging ) . ونظرا للطبيعة العشوائية للموجات الكهربائية المتداخلة فإن عملية أخذ المتوسطات تقلل مستوى تأثير هذا التداخل لأقل مستوى. وتتطلب عملية أخذ المتوسطات ذاكرة كبيرة لاستيعاب مجموعة الصور الممثلة فى صورة أعداد ثنائية حيث يتم جمع خلايا الصورة المتماثلة ( Pixels ) فى كل صورة ثم تقسيم المجموع على عدد الخلايا للحصول على المتوسط.

### ١٤ - ٢ - ٣ تعديل مستوى اللون الرمادى ( Gray Scale Modifications )

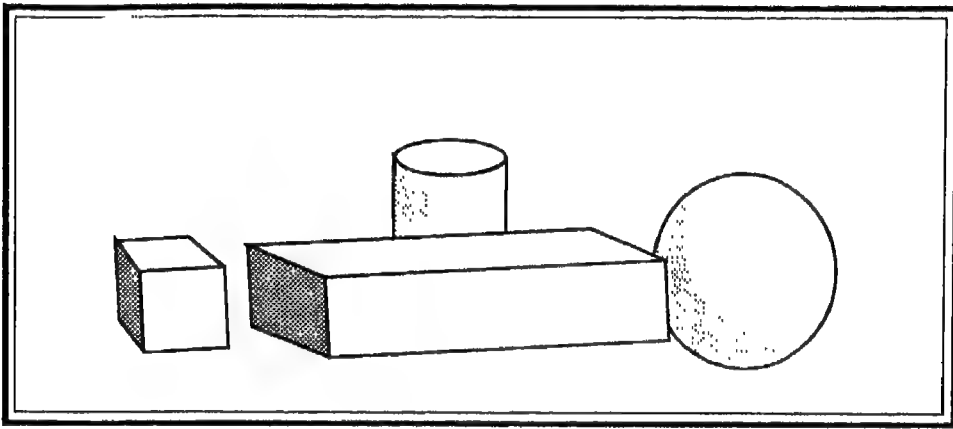
وهى عملية إضاءة أو تعتيم الصورة. فمثلا نفرض أن درجة وضوح خلية الصورة فى النظام الثنائى الممثل بثمانية خانات هى ( 00000000 ) للتعبير عن اللون الأسود و ( 11111111 ) للتعبير عن اللون الأبيض. لذلك فإن كل قيم للأعداد بين هذين العددين تمثل درجة من درجات اللون الرمادى. فإذا كانت الصورة معتمة جدا فإن كل قيمة من قيم الأعداد الثنائية للخلايا تكون صغيرة وبإضافة رقم ثنائى ثابت لهذه الأعداد يمكن زيادة إضاءة الصورة.

والتباين فى الصورة ( Contrast ) هو عبارة عن الفرق بين اعتم نقطة وواضح نقطة فى نفس الصورة. وهذا التباين يمكن التحكم فيه عن طريق ضبط درجة اللون الرمادى. وبناء على نوع الجودة المطلوبة يمكن جمع أو طرح أو ضرب أو قسمة الأرقام الثنائية لخلايا الصورة على رقم ثابت باستخدام الحاسب وينتج عن ذلك تحسين التباين والحصول على تفاصيل دقيقة لأصغر الأشياء فى الصورة.

وتستخدم طرق معالجة الصور فى مجال الأقمار الصناعية لتحسين صور الكواكب والمجرات الملتقطة وفى مجال الطب وفى أجهزة السونار والرادار واستقبال الموجات المنعكسة من هدف معين لتحديد شكله.

## ١٤ - ٣ تحليل الصورة ( Image Analysis )

هى عملية تحديد وتعريف الأشياء فى الصورة باستخدام نظم الذكاء الاصطناعى. وتبدأ هذه العملية بتحديد بعض النطاقات ( Regions ) والحدود الخارجية ( Boundaries ) أو الجوانب ( Edges ) وتحليل أسطح التداخل ( Interface ) بين أى سطحين مختلفين أو بين مقدمة شئ وخلفية شئ آخر كذلك الخط الفاصل بين أى جسم وظله ( Shadow ) وحدود الظل نفسه. والشكل ( ١٤ - ١١ ) يوضح بعض الأمثلة.



شكل ( ١٤ - ١١ )

ويلى تحديد الجوانب والحدود الخارجية عملية ضبط نعومة الأسطح ( Surface Smoothing ) وذلك بإزالة النتوءات ( Irregularities ) أو الظلال قبل عملية التعرف على الأشياء. وإزالة النتوءات تتم باستخدام برمجيات خاصة تقوم بأخذ متوسطات الأعداد الثنائية قبل وبعد النتوء وإسنادها إلى قيم الخلايا ( Pixels ) فى منطقة النتوء.

## ١٤ - ٤ فهم الصورة ( Image Understanding )

بعد عمليات المعالجة والتحليل والتى تتم باستخدام العديد من الخوارزميات ما يزال الحاسب غير قادر على فهم محتويات الصورة وماتمثله الأجسام داخل الصورة والعلاقات بينها وهنا تأتى مهمة نظم الذكاء الإصطناعى ( AI ). وهذه النظم تستخدم قواعد معرفة ( Knowledgebases ) بها العديد من الأشكال الخاصة بأشياء عديدة.

## الرؤية بالحاسب

وعن طريق عمليات البحث ( Search ) ومضاهاة الأشكال ( Pattern Matching ) والتي تتم باستخدام برمجيات خاصة يستطيع الحاسب التعرف على الأجسام داخل الصورة وفهم مايرى.

وعلى العكس من عملية تحليل الصورة التي تهتم بالخواص الوضعية فإن فهم الصورة يتم عن طريق إستخراج الخواص الكلية ( Global ) للصورة . وهناك أربعة منهجيات لتحقيق ذلك كالآتى :

○ المعالجة الهرمية من أسفل إلى أعلى ( Hierarchical Bottom-Up Processing ) وهذه المعالجة مناسبة للحالات البسيطة التي تحتوى على عدد محدد من الأشياء المعروفة مقدما.

○ المعالجة الهرمية من أعلى إلى أسفل ( Hierarchical Top-Down Processing ) وهى تناسب البحث المباشر عن هدف معين أو شئ محدد الأبعاد. والمعالجة الهرمية بنوعها يمكن استخدامها فى النظم الصناعية المعقدة.

○ المعالجة غير الهرمية وفيها يتم مراقبة كل جزء من أجزاء النظام باستخدام طريقة التحكم الموزع ( Distributed Control ) وذلك لتحسين عمله حسب الحاجة.

○ أسلوب السبورة ( Blackboard Approach ) وفيه يتم التفاعل بين كل الأجزاء عن طريق قاعدة بيانات عامة تسمى السبورة ( Blackboard ) وهذا الأسلوب مفيد عند الإحتفاظ بالعديد من الافتراضات ومتابعتها فى مستويات مختلفة.

ومعظم الأبحاث التى تمت فى مجال الرؤية بالحاسب إهتمت بالصعوبات الناتجة من تحويل الأجسام ثلاثية الأبعاد إلى صور ثنائية الأبعاد والتى من خلالها يستطيع الحاسب التعرف على هذه الأجسام. وتحتوى بعض نظم الرؤية على محلل الصور ثنائية البعد والذى يستخدم طريقة مضاهاة القوالب ( Templates Matching ).

والقالب ( Template ) المخزن فى الذاكرة على صورة أرقام ثنائية هو عبارة عن الشكل الخارجى لجسم معين وعن طريق عملية المقارنة التى تتم أثناء البحث ومطابقة الأشكال تحدث عملية التعرف ( Identification ). وتتسم عملية المطابقة بالصعوبة نتيجة ثبات

## الرؤية بالحاسب

القالب فى الحجم ( Size ) والاتجاه ( Orientation ). ويمكن التغلب على هذه الصعوبة عن طريق تخزين أحجام مختلفة واتجاهات عديدة للقالب أو تغيير حجم ووضع القالب المخزن باستخدام برمجيات خاصة لمطابقة حجم ووضع الجسم أو الشيء المطلوب التعرف عليه.

وبساطة عملية المقارنة جعلتها أساس معظم نظم الرؤية فى الصناعة والأغراض العسكرية. وهناك طرق عديدة لتحسين عملية فهم الصورة منها إستغلال معلومات مختلف أنواع الإستشعار ( Sensors ) مثل الرؤية واللمس ودمجهم للحصول على نتائج أحسن كذلك يمكن إستعمال الإنعكاس الضوئى ( Light Reflectance ) ومرشحات خاصة ( Filters ) مع الكاميرا لتحسين التباين ( Contrast ) بين المواد المختلفة ( معادن ، بلاستيك ... الخ ) فى نفس الصورة. ومن أهم تطبيقات الرؤية باستخدام الحاسب عمليات رؤية الآلة ( Machine Vision ) والتحكم فى الجودة ( Quality Control ) وكذلك الانسان الآلى ( Robot ).



## الفصل الخامس عشر

التعرف على الكلام  
وتكنولوجيا الإنسان الآلى

( Speech Recognition and Robotics )



إن مجال الذكاء الإصطناعي والجهود التى تبذل فيه تهدف إلى تحسين قدرات الإنسان. وعلى سبيل المثال ، نجد أن النظم الخبيرة يمكن أن توفر الخبرة لأى إنسان والتى يتطلب اكتسابها سنوات من التعليم والتدريب. كما أن نظم معالجة اللغات الحية تسمح للإنسان بالتعامل مع آلة معقدة مثل الحاسب بدون تعلم القواعد الأساسية والخاصة بالتعامل معها (مثل لغات الحاسب ونظم التشغيل). وهناك العديد من تطبيقات الذكاء الإصطناعي الأخرى التى تهدف إلى توفير وقت الإنسان وجهده. وقد تعرفنا على بعضها من قبل ، مثل الترجمة الآلية وفهم النصوص ، وفى هذا الفصل نتعرف على المزيد من هذه التطبيقات والتى لها علاقة مباشرة بقدرات الإنسان ، مثل " معالجة الكلام " ( Speech Processing ) و " الإنسان الآلى " ( Robot ) .

## ١٥ - ١ معالجة الكلام ( Speech Processing )

تعرفنا من قبل على معالجة اللغات الحية وعرفنا أنها تهدف إلى توفير إمكانية التعامل مع الحاسب عن طريق الكتابة ( كمدخلات ) أو القراءة ( كمخرجات ) باللغة الحية التى يتعامل بها الناس مع بعضهم البعض. ولكن هذه الوسيلة تختلف عن لغة التخاطب العادية التى يستخدمها الناس للإتصال مع بعضهم البعض وهى الكلام (Speech). ومعالجة الكلام (Speech Processing) تنقسم إلى شقين ، مثلما تنقسم معالجة اللغة الحية إلى فهم اللغة ( Understanding ) وتوليد اللغة ( Generation ) ، وهذان الشقان هما :

١ - التعرف على الكلام ( Speech Recognition )

٢ - تخليق الكلام ( Speech Synthesis )

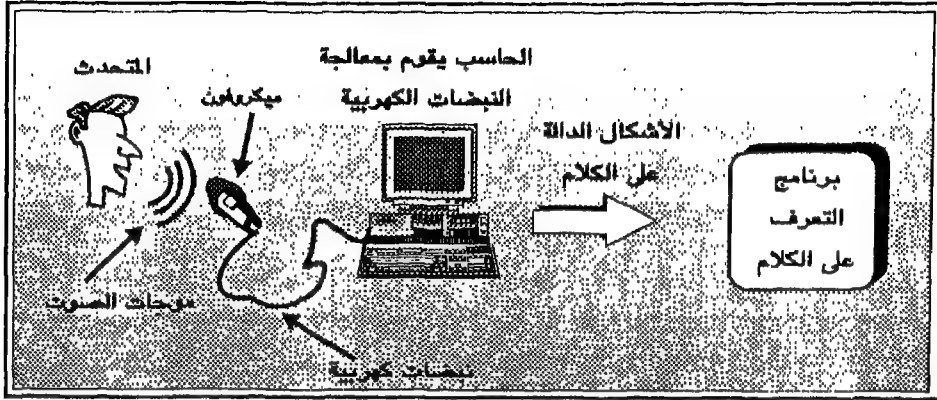
والتعرف على الكلام هو الوسيلة التى تجعلك قادرا على الإتصال بالحاسب عن طريق التحدث إليه مباشرة. وفى الحقيقة كلمة التعرف على الكلام تطلق فقط على الجزئية الأولى من هذه العملية وهى " التعرف على الكلمات التى أُمليت على الحاسب دون تفسيرها " أما عملية فهم وتفسير هذه الكلمات فتسمى بفهم الكلام ( Speech Understanding ) .

## ١٥ - ١ - ١ كيفية التعرف على الكلام

كما يتضح من الشكل ( ١٥ - ١ ) فإن الكلام ينتقل خلال الهواء فى صورة موجات متغيرة التردد والشدة. وعند وصول هذه الموجات للميكروفون يقوم الميكروفون بتحويل هذه الموجات إلى إشارات كهربائية ( Electronic Signals ) يستطيع الحاسب

## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلي

التعامل معها وتحليلها وتسمى هذه العملية معالجة النبضات الكهربائية ( Signal Processing ) ، كما يتم تصميم وتصنيع معالجات دقيقة ( Microprocessors ) خاصة لهذه العملية ، حيث تحتاج إلى عمليات معقدة وتحتاج إلى سرعة كبيرة للمعالجة.



شكل ( ١٥ - ١ )

ويوضح الشكل أن هناك برنامجا خاصا يقوم بالتعرف على الكلام الناتج من معالجة الحاسب للإشارات الكهربائية وذلك بمقارنته بالكلمات المخزنة بالقاموس. ولكن هذه الطريقة يقابلها مصاعب كبيرة منها أنه لا يوجد شكل ثابت للكلمات لبناء ذلك القاموس وذلك للأسباب التالية :

- ١ - يختلف شكل النبضات لنفس الكلمات بين شخصين مختلفين.
- ٢ - يختلف شكل النبضات الصادرة من شخص واحد لكلمة واحدة إذا قالها أكثر من مرة إختلافا كليا ، وذلك لأن نطق الكلمة يعتمد على حالة المتحدث وسياق الحديث.

مثل هذه المشاكل جعلت أبحاث التعرف على الكلام تنقسم إلى عدة طرق بحثية يمكن تصنيفها حسب المتحدث وسياق الكلام كما سوف يتضح في الأجزاء التالية.

### ١ - المتحدث ( Speaker )

نتيجة للإختلاف في شكل النبضات للكلمات من شخص لآخر فقد ظهر نظامان للتعرف على الكلام. النظام الأول يعتمد على المتحدث ( Speaker-Dependent Recognition ) ، حيث يصمم النظام بحيث يتعرف على الكلام من شخص معين ، ويقوم الشخص في هذه الحالة بتعليم النظام صوته ، وذلك عن طريق

## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى

توجيه بعض الكلمات والجمل الى النظام وتكرارها عدة مرات حتى يتعرف النظام على الإختلافات الناتجة من التكرار.

أما النظام الثانى فهو لايعتمد على المتحدث (Speaker-Independent Recognition) ، ويصمم هذا النظام بحيث يتعرف على الكلام لأى متحدث. وتصميم هذا النظام يعتبر أصعب بكثير من النظام الأول.

### ب - سياق الكلام ( Context )

أما الإختلاف الناتج من كيفية نطق الكلمة فى الجملة طبقا لسياق الكلام فقد أدى إلى ظهور ثلاثة طرق للتعرف على الكلام ، وهى :

□ النظام الأول هو التعرف على الكلمة المنفصلة (Isolated Word Recognition, IWR) ، ويقوم هذا النظام بالتعرف على الكلام الذى يوجد فاصل زمنى بين كل كلمة وأخرى فيه حيث يصبح فصل كل كلمة عن الأخرى عملية سهلة. وهذا النظام لاقى نجاحا على مدى العشرين عاما السابقة.

□ النظام الثانى هو التعرف على الكلمات المتصلة (Connected-Word Recognition, CWR) وهو نظام أكثر تعقيدا من النظام السابق وذلك لأنه يقوم بالتعرف على الكلمات المتصلة والتى لا يوجد فاصل زمنى بين كل كلمة وأخرى فيها. لذلك فإن فصل الكلمات عن بعضها البعض يحتاج إلى عمليات أكثر تعقيدا.

□ النظام الثالث هو التعرف على الكلام المستمر (Continuous Speech Recognition, CSR) ، ويصمم هذا النظام بحيث يمكنه التعرف على الكلام أثناء المحادثة العادية كما تحدث بين شخصين.

وقد تضمنت تجارب التعرف على الكلام معظم هذه الطرق منفردة وبعضها احتوى على أكثر من طريقة مدمجة مع بعضها البعض ، وكانت معظم الأبحاث منصبة على نظام يعتمد على المستخدم والتعرف على الكلمة المنفصلة ( IWR ).

والآن تجرى الأبحاث فى جميع معامل أبحاث الذكاء الإصطناعى لإنتاج نظم لاتعتمد على المستخدم ويمكنها التعرف على الكلمات المتصلة. أما ظهور نظم لاتعتمد على

المستخدم وتتعرف على الكلام المستمر ( CSR ) فإنه غير محتمل الحدوث فى المستقبل القريب.

## ١٥ - ١ - ٢ تحليل الكلام ( Speech Analysis )

بغض النظر عن الشخص المتحدث وعن سياق الكلام ، فبمجرد تحويل الموجات الصوتية إلى نبضات كهربية يجب تحليل هذه النبضات لتحديد الكلمات التى تمثلها.

والأسلوب الشائع والمتبع لتحليل الكلام هو القيام بتقسيم الكلام إلى وحدات. وهذه الوحدات تمثل جزءا من الكلمة بدلا من أخذ الكلمة كوحدة للكلام. ويمكن تقسيم الكلمة إلى ثلاثة وحدات هى : صوتيات المقطع اللفظى من الكلمة ( Syllable ) ، وصوتيات الحرف ( Phonemes ) وصوتيات الكلمة ( Allophones ).

### أ - المقطع اللفظى ( Syllable )

المقطع اللفظى ( Syllable ) للكلمة هو نطق جزء من الكلمة يتكون من حرف متحرك محصور بين حروف ساكنة. وهذا الجزء يعتبر وحدة يمكن تمييزها من الكلام. ويمكن فصل هذه الوحدات من الكلام عن طريق تمييز الأماكن التى يتم التوكيد فيها على نبرات معينة فى النبضات الكهربائية الممثلة للكلمة.

وتحليل الكلام عن طريق المقطع اللفظى للكلمة يعتبر عملية صعبة للغاية بالنسبة للغة الإنجليزية ، حيث يوجد حوالى عشرة آلاف مقطع لفظى ، على عكس اللغة اليابانية والتى تتكون من خمسمائة مقطع لفظى فقط ، لذلك فإن تكنولوجيا التعرف على صوتيات المقطع اللفظى للكلمة هى الأساس للتعرف على الكلام فى المشروع اليابانى للجيل الخامس للحاسبات.

### ب - صوتيات الحرف ( Phonemes )

يمكن تقسيم الكلام إلى وحدات تمثل حروف الكلمة فكل حرف داخل الكلمة متحركا كان أو ساكنا يكون له نطق معين يميزه عن باقى حروف الكلمة. ولاحظ أنه يمكن أن يكون لأكثر من حرف نطق واحد مثل ( th ) فى اللغة الإنجليزية ، ولاحظ أيضا أن نطق نفس الحرف يتغير من كلمة لأخرى ، مثل ( th ) فى ( thought ) يختلف نطقها عنها فى ( they ).

## ج - صوتيات الكلمة ( Allophone )

فى الكلام العادى نجد أن نطق الحرف فى الكلمة يتغير حسب وضعه فيها وحسب وضع الكلمة فى الجملة وأحيانا حسب سياق الكلام والمعنى الذى يهدف إليه . فعلى سبيل المثال الحرف ( t ) يتغير نطقه فى كل من الكلمات ( mountain ) و ( tale ) و ( late ) . وصوتيات الكلمة ( Allophone ) هى الصوتيات المختلفة والمميزة فى الكلمة كما أنها تمثل أيضا صوتيات الحروف الحقيقية كما تنطق فى الكلمة .

## ١٥ - ١ - ٢ فهم الكلام ( Speech Understanding )

إن مشكلة التعرف على الكلام لا يكتمل حلها تماما بمجرد تحليل الكلام والتعرف على الكلمات المكونة له . وذلك لأن المحادثات العادية أحيانا تحتوى على جمل غير محددة وغير صريحة يتعرف عليها المستمع عن طريق الخبرة ، كما أوضحنا ذلك من قبل فى معالجة اللغة الحية كما أنه يوجد كلمات كثيرة لها نفس النطق تقريبا . والذى يزيد المشكلة صعوبة أنه فى الحديث العادى والمستمر من الصعب تحديد نهاية الكلمة وبداية الأخرى .

والطريقة الشائعة المستخدمة لفهم الكلام هى جعل النظام يقوم بعمل عدة تفسيرات ومن ثم استخدام التقنيات المختلفة لاختيار أفضل وأنسب هذه التفسيرات . وبعض هذه التقنيات تشبه إلى حد كبير مثيلتها المستخدمة فى معالجة اللغة الحية والتي تبنى على التحليلات اللغوية والدلالية للألفاظ ، مثل هذه التحليلات يمكنها تفضيل تفسير عن تفسير آخر .

## ١٥ - ١ - ٤ مميزات التعرف على الكلام

إن الهدف الأول لأبحاث الذكاء الإصطناعى الخاصة بمعالجة الكلام - وبخاصة التعرف على الكلام - هو جعل الحاسب يستطيع فهم الحديث الموجه إليه من أى إنسان بطريقة طبيعية كما يفهمه أى إنسان آخر . بالإضافة إلى هذا فإن التعرف على الكلام يوفر مميزات عديدة منها :

## ١ - سهولة الإتصال بالحاسبات

حيث أن الكثير من مستخدمى الحاسب لا يمكنهم استخدام الحاسب بكفاءة عن طريق لوحة المفاتيح .

## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى

### ٢ - السرعة

لقد وجد أن أى إنسان يمكنه أن يتكلم أسرع مرتين من أى شخص يكتب على الآلة الكاتبة بكفاءة عالية. لذلك فإن نظم التعرف على الكلام توفر ميزة السرعة فى إدخال المعلومات للحاسب.

### ٣ - حرية اليدين

أى لا يتطلب الحاسب استخدام اليدين فى التعامل معه ، فمثلا الطيار الحربى لا يستطيع التخلّى عن عصا القيادة للتعامل مع الحاسب.

### ٤ - التعامل عن بعد

أى يمكن التعامل مع الحاسب عن بعد حيث يستطيع المستخدم الدخول إلى قاعدة البيانات الخاصة به عن طريق إعطاء الحاسب الأمر الخاص من خلال التليفون.

### ٥ - الأمن

حيث يمكن عمل بصمات صوتية للأشخاص ، كما يمكن التحكم فى مداخل المباني عن طريق فتح الأبواب بهذه البصمات.

بالإضافة إلى هذه المميزات فإن التعرف على الكلام يستخدم فى مجالات كثيرة مثل :  
التعليم - التحكم فى العمليات الصناعية فى المصانع - ميكنة المكاتب - وكذلك فى التسلية  
مثل الألعاب التى يتم التحكم فيها عن طريق الصوت.

## ١٥ - ٢ الإنسان الآلى ( Robot )

إن تكنولوجيا الإنسان الآلى ( Robotics ) هى من أكثر تكنولوجيا الذكاء الاصطناعى تقدما من حيث التطبيقات التى تقدم فيها حلولاً كاملة للمشاكل. والروبوت ( Robot ) أو الإنسان الآلى عبارة عن آلة كهروميكانيكية يمكن برمجتها لتؤدى بعض المهام التى يقوم بها الإنسان يدويا.

والصناعة هى أكبر مجال يستخدم فيه الإنسان الآلى اليوم ، فقد استخدم الإنسان الآلى فى العديد من الصناعات مثل اللحام الكهربى الدقيق ، والدهان بالرش ، وقد أثبتت فاعلية فى الصناعة الأتوماتيكية وبخاصة الصناعات الإلكترونية ، فعلى سبيل المثال يستخدم إنسان آلى للحام الدوائر الإلكترونية الدقيقة التى يتم لحام أطرافها فى جزء يقل عن ألف جزء من السنتيمتر الواحد.



## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى

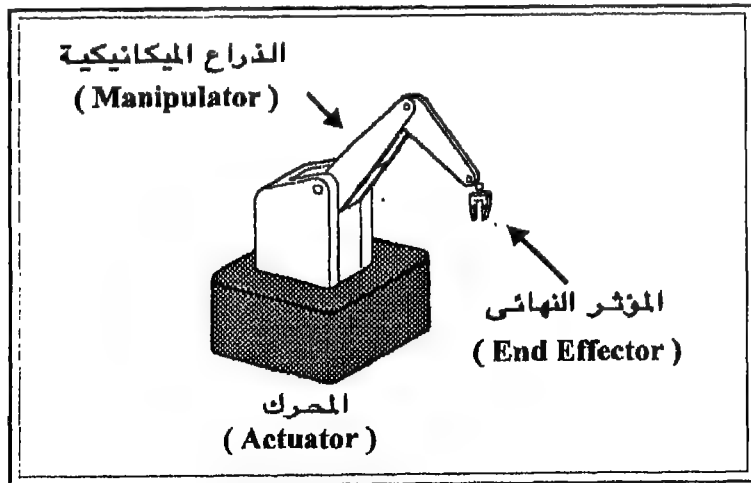
وتعد اليابان الآن من أكبر الدول استخداما للإنسان الآلى فى الصناعة فيوجد بها فقط نصف أعداد الإنسان الآلى العامل فى العالم.

ومن مميزات استخدام الإنسان الآلى فى الصناعة الآتى :

- ١ - زيادة الإنتاجية.
- ٢ - تقليل النفقات.
- ٣ - التغلب على النقص فى مهارة الأيدي العاملة.
- ٤ - توفير المرونة فى الأعمال الصناعية.
- ٥ - تحسين نوعية المنتج.
- ٦ - لا يمل من الأعمال التكرارية مثل الإنسان وكذلك يمكن استخدامه فى الأعمال التى تمثل خطرا على الإنسان.

### ١٥ - ٢ - ١ أجزاء الإنسان الآلى

يحاكى الإنسان الآلى شيئا واحدا فى الإنسان وهو الذراع ، وليس كما تظهره أفلام الخيال العلمى كما كينة متحركة تشبه الإنسان. ويتكون الإنسان الآلى عموما من ثلاثة أجزاء وهى الذراع الميكانيكية ( Manipulator ) ، والمؤثر النهائى " الرسغ " ( End Effector ) ، وأخيرا المحرك ( Actuator ) الذى يقوم بتشغيل الذراع والرسغ. كما يتضح من الشكل ( ١٥ - ٢ )



شكل ( ١٥ - ٢ )

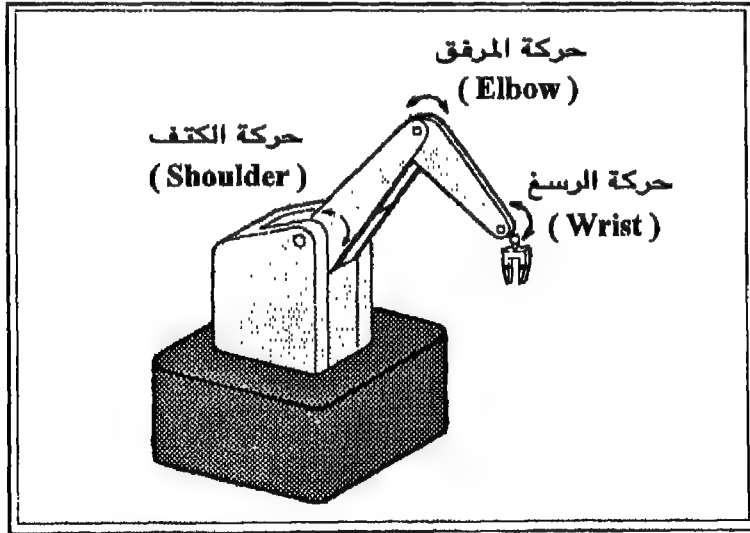
## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى

والإنسان الآلى الذكى ( Intelligent Robot ) يحتوى على جزء إضافى وهو جهاز الإدراك ( Sensor ) يجعله قادرا على إدراك البيئة المحيطة به وتعديل عملياته طبقا للمتغيرات التى تحدث فى البيئة.

### أ - الذراع الآلية ( Manipulator )

الذراع الآلية فى الإنسان الآلى عبارة عن جزء غير مرن ( Inflexible ) ومتصل بوصلة متحركة مثل المرفق للإنسان ( Elbow ) ، وكل وصلة تعطى الإنسان الآلى درجة من درجات الحرية ( Degree of Freedom, DOF ) . وكلما زادت درجات الحرية كلما زادت مرونة الإنسان الآلى فى التعامل مع الأشياء.

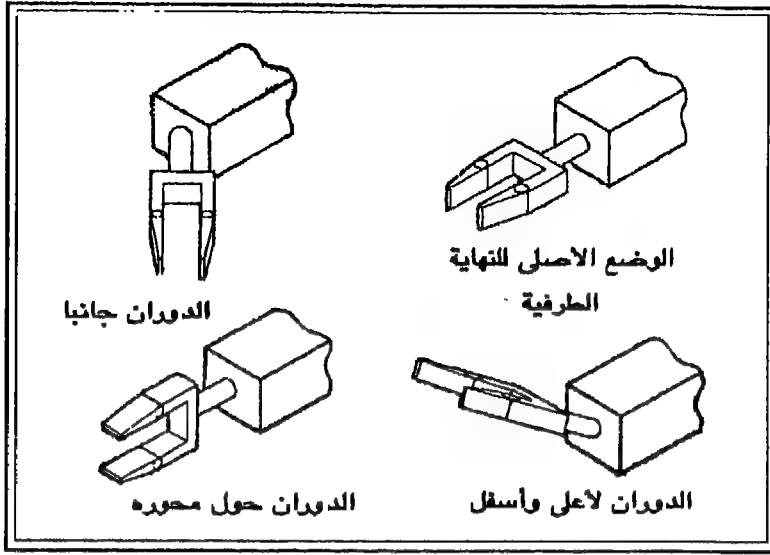
والشكل ( ١٥ - ٣ ) يمثل إنسانا آليا له ثلاث درجات من الحرية أى أن ذراعه يوجد بها ثلاثة وصلات متحركة كل وصلة يمكن أن تتحرك فى مستوى واحد فوصلة الكتف ( Shoulder ) تتحرك فى المستوى الرأسى كما هو موضح ، ووصلة المرفق ( Elbow ) تتحرك أيضا فى المستوى الرأسى وأيضا وصلة الرسغ ( Wrist ) تتحرك فى المستوى الرأسى.



شكل ( ١٥ - ٣ )

ويمكن أن يكون للرسغ وحده ثلاثة درجات للحرية كما يتضح من الشكل ( ١٥ - ٤ ) .

## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى



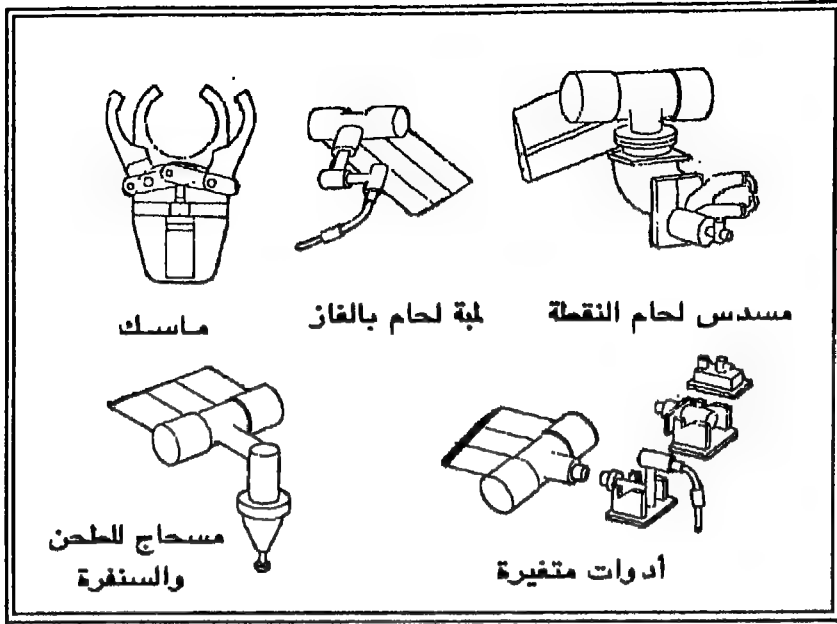
شكل ( ١٥ - ٤ )

### ب- النهاية الطرفية ( End Effector )

اليد الميكانيكية المتصلة بالذراع للإنسان الآلى والتي تسمى بالنهاية الطرفية ( End Effector ) أو بالماسك ( Gripper ) يعتمد شكلها على الوظيفة التي سيؤديها الإنسان الآلى حيث يتم تصميم شكل اليد لتقوم بأداء وظيفة محددة كما يتضح من الشكل ( ١٥ - ٥ ) الذى يعرض أشكالاً مختلفة لليد الميكانيكية.

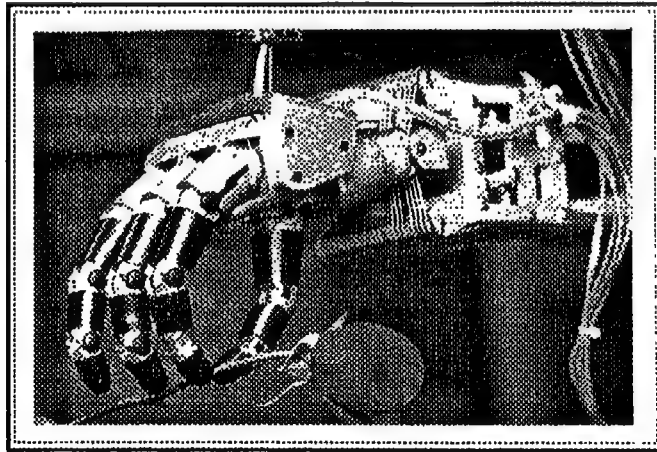
ويمكن تغيير اليد للسماح للإنسان الآلى بالقيام بالأعمال المختلفة بحيث لا يقتصر عمله على وظيفة واحدة فقط. وتجرى الأبحاث الآن لصنع نهاية طرفية متعددة الوظائف ( Multifunction End Effector ) أو متعددة الأغراض يمكنها القيام بأداء مهام مختلفة.

ومثل هذه النهايات يمكن تصميمها بحيث تشبه إلى حد كبير يد الإنسان ، أى تحتوى على أصابع ( Fingers ) متصلة بمفاصل ( Knuckles ).



شكل ( ٥ - ١٥ )

مثل هذه النهايات الطرفية مازالت فى مرحلة البحث ، ويوجد الآن ببعض معامل أبحاث الذكاء الإصطناعى فى أمريكا تجربة لنهاية طرفية تتكون من أربعة أصابع كالموضحة فى الشكل ( ٦ - ١٥ )



شكل ( ٦ - ١٥ )

### ج - المحرك ( Actuator )

المحرك ( Actuator ) هو الجهاز الذى يتحكم فى الإنسان الآلى ويعطيه الكفاءة والفاعلية فى العمل. وتنقسم جميع المحركات إلى ثلاثة أنواع :

- ١ - المحركات الهوائية ( Pneumatic Actuators ) ، وتعمل بضغط الهواء وهى منخفضة التكلفة ونظيفة ولكن لايمكنها التحكم فى حركة الإنسان الآلى بدقة عالية.
- ٢ - المحركات الهيدروليكية ( Hydraulic Actuators ) ، وهى توفر قوة هائلة للإنسان الآلى ، ولكنها غير مرتبة أو نظيفة ، وأيضاً شأنها شأن المحركات الهوائية لايمكنها التحكم فى الحركة بدقة عالية.
- ٣ - المحركات الإلكترونية ( Electronic Actuators ) ، وهى محركات معقولة بالنسبة لقلّة تكلفتها ونظافتها ودقتها ، ولكنها لا توفر القوة التى توفرها المحركات الهيدروليكية أو الهوائية.

وهكذا يلاحظ أن كل نوع من أنواع المحركات له مميزات وعيوبه ، ولذلك فإن نوع المحرك يتم اختياره على ضوء التطبيقات التى سيقوم بها الإنسان الآلى وكذلك الوسط المحيط الذى سيعمل به.

## ١٥ - ٢ - ٢ التحكم فى الإنسان الآلى

هناك طرق عديدة للتحكم فى حركة الإنسان الآلى ، وطبقاً لتقنية التحكم المستخدمة يمكن تصنيف الإنسان الآلى إلى نوعين ، إما إنسان آلى غير مؤازر ( Non-Servo Robot ) وإما إنسان آلى مؤازر ( Servo Robot ) .

### ١ - الإنسان الآلى الغير مؤازر ( Non-Servo Robot )

يتم تصنيف الإنسان الآلى بإنسان آلى غير مؤازر إذا كان التحكم فى حركته يتم بوسائل ميكانيكية وغير مرنة ( Inflexible ) ، أى يتقيد بمسار ثابت. أى أنه لا يحتوى على تقنيات مؤازرة الحركة والتى تهدف إلى تصحيح أدائه.

والنوع الشائع من هذا الصنف هو الإنسان الآلى الذى يستخدم تقنية تسمى بال تكرار المفتوح ( Open Loop Technique ) للتحرك من مكان لآخر. وهو يبدأ حركته فى اتجاه

## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى

تم تحديده مسبقا إلى أن يعترضه شيء يعمل على إيقافه. ويستخدم هذا النوع فى نقل الأشياء بين أماكن ثابتة.

### ب - الإنسان الآلى المؤازر ( Servo Robot )

أما النوع الآخر من الإنسان الآلى فهو ذلك الذى يستخدم تقنية مؤازرة الحركة ( Servo Mechanism ). وجهاز مؤازرة الحركة يمكن برمجته بحيث يتحكم فى المسار الذى يسلكه الذراع الآلى. وهناك تقنيتان للبرمجة وهما التحكم بتكرار الحركة ( Playback Control ) والتحكم باستخدام الحاسب الآلى ( Computer Control ).

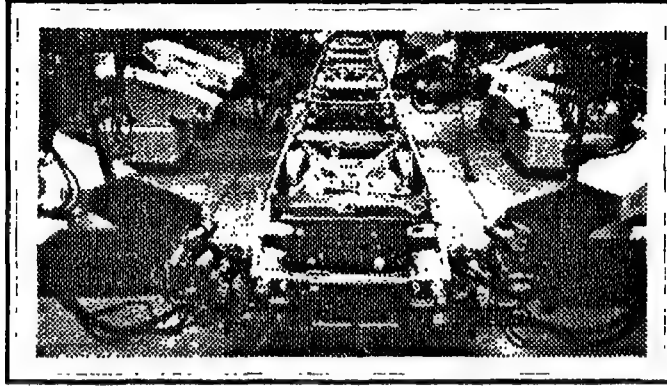
وتقنية التحكم بتكرار الحركة هى عبارة عن تدريب الإنسان الآلى على أن يؤدي فعلا معيناً ومن ثم يطلب منه تكرار هذا الفعل، وهناك طريقتان أساسيتان لتطبيق هذه التقنية وهما :

- ١ - التحكم من نقطة إلى نقطة أخرى ( Point-to-Point Control ) وفيه يتم برمجة الذراع الآلى بعدة نقط ( أى أماكن ) تمثل المسار التى سيتحرك فيه ، ويمكن أن يتم ذلك عن طريق تحريك الذراع الآلى إلى هذه الأماكن ومن ثم يقوم بحساب المسارات التى تربط هذه الأماكن ويتحرك فيها.
- ٢ - التحكم بالمسار المستمر ( Continuous Path Control ) وفيه يتم تحريك الإنسان الآلى فى المسار الذى سيتبعه وبذلك يمكنه تسجيل هذا المسار ومن ثم يمكنه تكرار الحركة فى نفس المسار.

وهذا النوع من التحكم يفيد فى الحالات التى تتطلب الحركة المستمرة والمنتظمة مثل أعمال الدهان وماشابه ذلك.

أما بالنسبة للتحكم عن طريق الحاسب الآلى فقد تم تطوير لغات خاصة لهذا الغرض مثل لغة ( Wave ) سنة ١٩٧١ ، ولغة ( AL ) سنة ١٩٧٢ ، ولغة ( VAL ) سنة ١٩٧٩ وهى إصدار تجارى من لغة ( Wave ) ، ويوجد العديد من لغات برمجة الإنسان الآلى بالحاسب وهو الإتجاه الشائع الآن على الرغم من إمكانية برمجة هذا النوع بواسطة طريقة التحكم بالمسار المستمر.

والشكل ( ١٥ - ٧ ) يوضح استخدام الإنسان الآلى فى خطوط إنتاج السيارات حيث يقوم بعمليات اللحام.



شكل ( ١٥ - ٧ )

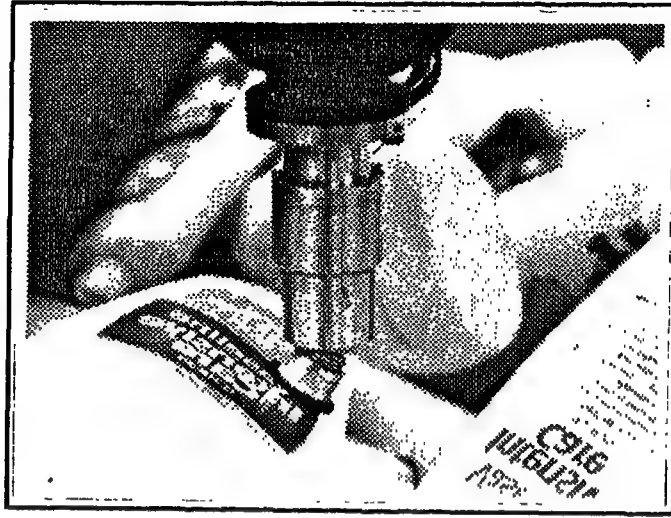
### ١٥ - ٢ - ٣ الإنسان الآلى الذكى ( Intelligent Robot )

الفرق بين الإنسان الآلى الذكى والإنسان الآلى الغير ذكى هو أن الأول يستطيع عن طريق تقنيات الذكاء الإصطناعى المستخدمة فى برمجته فهم الوسط المحيط به ومن ثم يمكنه تعديل أفعاله ( ذاتيا ) حسب المواقف التى يتعرض لها ، فى حين أن الآخر يقوم بتنفيذ أفعال تم برمجته بها مسبقاً ولا يستطيع تغيير هذه الأفعال إذا طرأ أى تغيير فى الوسط المحيط به.

والإنسان الآلى الذكى يسمى أيضا بالإنسان الآلى المدرك (Sensor-Controlled Robot) ، وذلك لأنه يكون مجهزا بأجهزة إدراك للوسط المحيط به ، مثل الكاميرا أو المجسات. ولهذا فإن الإنسان الآلى الذكى هو الذى لايقوم فقط بأداء الأعمال المطلوبة منه ولكنه يقوم أيضا بمراقبة أداء تلك الأعمال.

وهناك نوعان من أجهزة الإدراك التى يمكن أن يزود بها الإنسان الآلى النوع الأول يؤدى إلى الإدراك بالإتصال ( Contact Sensing ) حيث يتم توصيل الإنسان الآلى بمجسات يمكنه عن طريقها التعرف على الأشياء التى سيتعامل معها . والشكل ( ١٥ - ٨ ) يوضح إنسان آلى مزود بمجس يجعله قادرا على التعرف على الأجسام ومن ثم التعامل معها .

## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى



شكل ( ٨ - ١٥ )

أما النوع الثانى فيؤدى إلى الإدراك عن بعد ( Non-Contact Sensing ) للأشياء التى لا يتصل الإنسان الآلى بها مباشرة. ومن هذه الأجهزة نجد الكاميرا التليفزيونية التى يستخدم فيها تقنية الرؤية بالحاسب ( Computer Vision ) وهى من التقنيات الهامة التى تعرضنا لها بالشرح والتحليل فى الفصل السابق . والشكل ( ٩ - ١٥ ) يوضح إنسانا آليا مبصرا - إن جاز التعبير . وكما يتضح من الشكل يتم عرض ما يراه الإنسان الآلى على شاشة تليفزيونية لتصحيح الأداء ومراقبة مايقوم به.



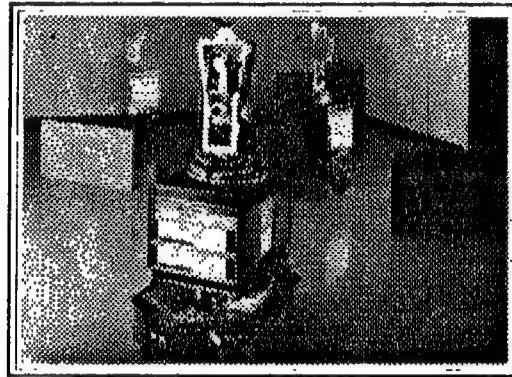
شكل ( ٩ - ١٥ )



## ١٥ - ٢ - ٤ الإنسان الآلى المتحرك ( Mobile Robot )

هناك أنواع من الإنسان الآلى تم تطويرها بحيث تحاكي إلى حد كبير حركة الإنسان ، فهناك إنسان آلى يتحرك على عجل ( Wheels ) وآخر يزحف عن طريق دفع نفسه بواسطة ذراعيه ، وهناك آخر يقفز على قدم واحدة ، وآخر من يمشى على أربعة أرجل .

وتستخدم مثل هذه الأنواع فى مجالات متعددة مثل الإستكشافات فى المحيطات والقطب الشمالى أو الجنوبي ، وتنظيف المكاتب والمصانع ، وحصد المحاصيل ، وفى الأمن الصناعى . والشكل ( ١٥ - ١٠ ) يوضح إنسانا آليا متحركا على عجل ويستخدم تقنية الإدراك عن بعد أى متصل بكاميرا تليفزيونية .



شكل ( ١٥ - ١٠ )

مما سبق يتضح لنا أن مجال الذكاء الإصطناعى يساهم فى زيادة قدرات الإنسان فى التعامل مع الأشياء . والتطور فى تكنولوجيا الحاسبات سوف يؤدى إلى تقدم كبير فى مجال الذكاء الإصطناعى حيث سيسمح بتنفيذ برامج أكثر تعقيدا . ومن الأبحاث التى تسعى إلى تطوير تكنولوجيا الحاسبات نجد التطوير الكبير فى ما يسمى بالدوائر الإلكترونية الضخمة ( Large Scale Electronic Circuit ) وهى عبارة عن لوحات تحتوى على مئات الآلاف من الدوائر الإلكترونية ، وكذلك تطوير معالجات الحاسب والإتجاه إلى المعالجات المتوازية ( Parallel Processors ) .

ومن المشروعات التى تتبنى هذه الأبحاث نجد المشروع اليابانى لإنتاج حاسبات الجيل الخامس والتى تستخدم تقنيات الذكاء الإصطناعى فى تخزين واسترجاع المعلومات وكذلك تهدف إلى إنتاج أدوات البرمجة الذكية

## التعرف على الكلام وتكنولوجيا الإنسان الآلى

( Intelligent Programming Tools ) ، أى أن هذه الأبحاث سوف تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعى كى تجعل الحاسب أكثر قدرة على تحقيق متطلبات المستخدم بالإضافة إلى سهولة الإستخدام.

٦

الجزء السادس

الشبكات العصبية الاصطناعية

الشبكات  
العصبية الاصطناعية  
( Artificial Neural Networks )



## مقدمة

أوضحنا فى الأجزاء السابقة أهمية مجال الذكاء الاصطناعى ومكانته فى عصر المعلومات وكذلك تطبيقاته المختلفة التى تغطى معظم مجالات الحياة بما فيها النظم الخبيرة. وفى هذا الجزء نوضح تقنية جديدة لاتقل أهمية عن تقنية الذكاء الاصطناعى وهى تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية.

وقد شهد مجال الذكاء الاصطناعى على مدى الأربعة أجيال السابقة طفرة هائلة فى مجال البرمجيات المستخدمة فى محاكاة طرق الإستنتاج المنطقى عند الإنسان ( Human Reasoning ). ومع ذلك ماتزال طرق الذكاء الاصطناعى محصورة فى عمليات المعالجة المتتابعة ( Sequential Processing ) وبعض محاولات لتمثيل المعرفة والمنطق.

وبعض هذه النظم يعتمد على بناء حاسبات ذات إمكانيات معمارية ومعالجة تحاكي بعض إمكانيات المعالجة التى يقوم بها العقل البشرى. وصاحب إستخدام هذه الحاسبات إستحداث أسلوب المعالجة المتوازية ( Parallel Processing ) والتى تتيح قدرة كبيرة وسرعة على استرجاع كميات كبيرة من المعلومات وكذلك تتيح قدرة على التعرف على الأشكال. ويطلق على التقنيات التى تستخدم أسلوب المعالجة المتوازية الحساب العصبى ( Neural Computing ) أو الشبكات العصبية الاصطناعية ( Artificial Neural Networks ) واختصارها ( ANNs ).

والشبكات العصبية الاصطناعية هى عبارة عن تقنية معالجة المعلومات المنبثقة من دراسة المخ ( Brain ) والنظام العصبى ( Nervous System ) وشهدت هذه التقنية دراسات عديدة حتى سنة ١٩٧٠ حيث توقفت معظم هذه الدراسات. وفى سنة ١٩٨٠ وبعد طفرة الهائلة فى تقنيات الحاسب والتقدم فى علم دراسة الأعصاب لفهم آليات العقل فى عمليات الإستنتاج المنطقى والمعالجة بدأت الأبحاث مرة أخرى فى مجال معالجة المعلومات بأسلوب محاكاة العقل البشرى.

والحساب العصبى بدأ موجهها ناحية الأبحاث الطبية ثم بدأت الشبكات العصبية الاصطناعية ( ANNs ) تحل محل النظم الخبيرة ( ES ) نظرا لما توفره من إمكانيات وماتقدمه من قدرات فى مجال السلوك الذكى مقارنة بإمكانيات وقدرات النظام المرمز المنطقى فى مجال الذكاء الاصطناعى.

---

ويتكون هذا الجزء من خمسة فصول حيث يلقى الفصل الأول نظرة عامة على الشبكات العصبية ويوضح الفرق بين الشبكات العصبية الطبيعية والشبكات العصبية الاصطناعية. ثم يوضح مكونات الشبكات العصبية الاصطناعية ومعالجة المعلومات من خلالها وكذلك المكونات المادية والبرمجية لهذه الشبكات. كما يوضح فوائد الشبكات العصبية الاصطناعية وتطبيقاتها مع النظم الخبيرة وكذلك مع اللغات الحية ورؤية الحاسب والإنسان الآلى والتعرف على خط اليد ونظم مساندة اتخاذ القرار. وينتقل الفصل الثانى إلى معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية حيث يوضح الخصائص العامة لتراكيب هذه الشبكات والنظم المختلفة لتعليمها. كما يوضح الفصل الثالث عملية تطوير الشبكات وبعض نماذج هذه الشبكات مثل شبكة هوبفيلد وشبكة بولتزمان كما يوضح كيفية بناء شبكة عصبية اصطناعية بالتفصيل. ويوضح الفصل الرابع بعض التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية فى المجالات الإقتصادية والمالية وتطبيقات تحليل الصور والتشخيص والتحكم الآلى ومعالجة اللغات الطبيعية ... الخ. وينتقل الفصل الخامس إلى توضيح الإتجاهات المستقبلية فى مجال الشبكات العصبية الاصطناعية حيث يوضح الآفاق والحدود فى هذا المجال كما يقدم رؤية شاملة لما سوف تكون عليه الحوسبة فى المستقبل.

## الفصل السادس عشر

### نظرة عامة على الشبكات العصبية





## ١٦ - ١ الشبكات العصبية الطبيعية ( Biological Neural Networks )

يتكون مخ الإنسان من مجموعة من الخلايا العصبية ( Neurons ). وهذه الخلايا لاتموت في حين تتكاثر باقي الخلايا لتحل محل نفسها ثم تموت. ولكون الخلايا العصبية لاتموت يمكن للإنسان الإحتفاظ بمعلوماته. وهذه الخلايا يزيد عددها عن ١٠٠ بليون خلية وأنواعها عديدة ومختلفة وتقدر بمئات الأنواع. وتنتشر هذه الخلايا في مجموعات تسمى شبكات ( Networks ). وكل مجموعة تحتوى على عدة آلاف من الخلايا العصبية شديدة التداخل ( Interconnected ) ولذلك ينظر لها على أنها تجمع من الشبكات العصبية.

ويتحكم المخ والجهاز العصبى المركزى فى عمليات التفكير ( Thinking ) والسلوك المتسم بالذكاء. ولأن القدرة على التعلم والتفاعل مع البيئة المحيطة تتطلب قلرا من الذكاء لذلك نجد أن الأفراد المصابين بتلف فى المخ ( Brain Damage ) يعانون من صعوبات فى التعلم ويجدون مشقة فى التأقلم مع البيئة المحيطة. والشكل ( ١٦ - ١ ) يوضح جزءا من شبكة عصبية تتكون من خليتين. وكل خلية بها نواة عصبية ( Nucleus ) فى المنتصف ولها بعض النهايات العصبية ( Dendrites ) وهى المسئولة عن المدخلات ( Inputs ) للخلية. كذلك يوجد بالخلية موصل طرفى ( Axon ) مسئول عن المخرجات ( Outputs ) من الخلية الأولى إلى الخلية الثانية.

وهذه النهايات الطرفية ( Axons ) مندمج معها النهايات العصبية للخلية الثانية فيما يعرف بنقطة المرور ( Synapse ). ويمكن للإشارات العصبية أن تنتقل بدون تغيير فوق نقطة المرور ويمكن زيادة هذه الإشارات أو إنقاصها عن طريق المرور من خلال هذه النقطة.

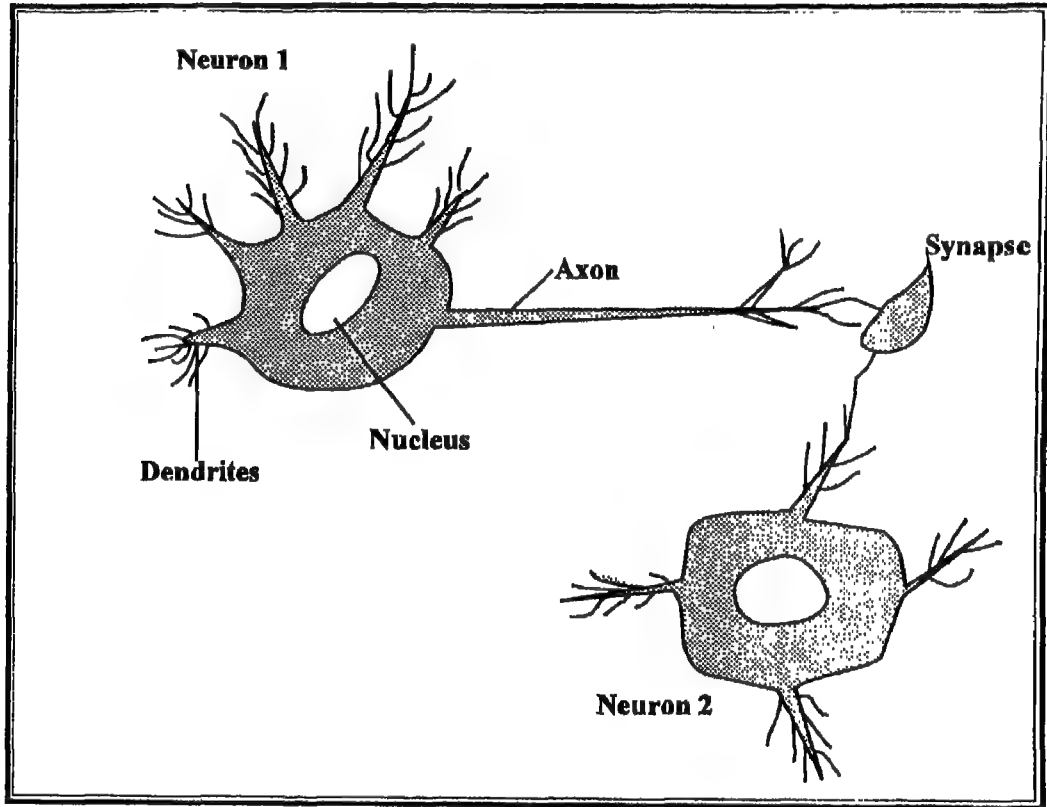
## ١٦ - ٢ الشبكات العصبية الاصطناعية ( Artificial Neural Networks )

الشبكة العصبية الاصطناعية هى نموذج يحاكي الشبكة العصبية الطبيعية. ويستخدم عددا محدد من الطرق الأساسية المستخدمة فى النظم العصبية الطبيعية بمساعدة برمجيات المحاكاة ( Software Simulations ) وأساليب المعالجة المتوازية.

وتشمل طرق المعالجة المتوازية عناصر معالجة ( Processing Elements ) تسمى خلايا عصبية اصطناعية ( Artificial Neurons ) متصلة فى شبكة معمارية. وهذه الخلايا

## نظرة عامة على الشبكات العصبية

الإصطناعية تناظر الخلايا العصبية الطبيعية حيث تستقبل المدخلات التي تناظر النبضات الكهروكيميائية ( Electrochemical Impulses ) التي تستقبلها النهايات العصبية فى الخلية الطبيعية من خلايا أخرى. والمخرجات من الخلية الإصطناعية تناظر الإشارات الخارجة من الخلية الطبيعية عن طريق الموصل الطرفى ( Axon ) وهذه المخرجات تكون عبارة عن اشارات صناعية يمكن تغييرها بطريقة تشابه تلك التي تحدث فى نقطة المرور ( Synapses ).

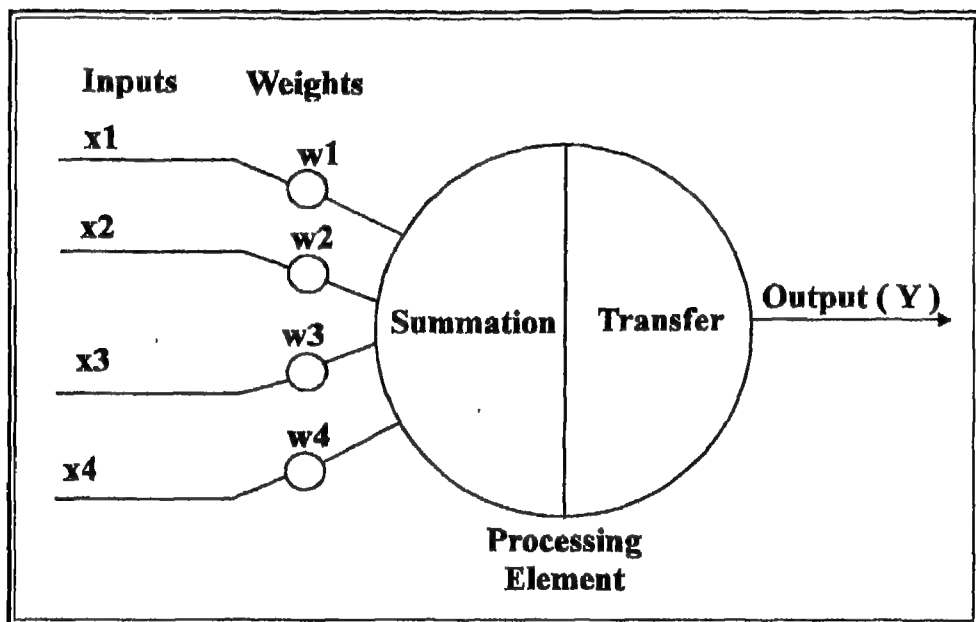


شكل ( ١٦ - ١ )

وماوصلت إليه الدراسات فى الحساب العصبى يعتمد على الفهم الحالى للشبكات العصبية الطبيعية. ونتيجة القصور فى الفهم الكامل لطبيعة عمل المخ والعقل فإن الحساب العصبى مايزال غير قادر على المحاكاة الكاملة للنظم الطبيعية. وقد ساهمت الشبكات العصبية الإصطناعية كثيرا فى الوصول إلى قدر معقول من المحاكاة نتيجة إستخدامها لبعض خواص النظم الطبيعية ولكن مازال هناك الكثير من البحث والدراسة للوصول إلى آلة إصطناعية تشبه فى عملها العقل البشرى.

## ١٦ - ٢ مكونات الشبكات العصبية الاصطناعية

تتكون الشبكة العصبية من مجموعة من عناصر المعالجة ( Processing Elements ) تركيب بطرق مختلفة. وكل عنصر معالجة يستقبل أى عدد من المدخلات ويعطى إشارة خارجة واحدة، أنظر شكل (٢-١٦).



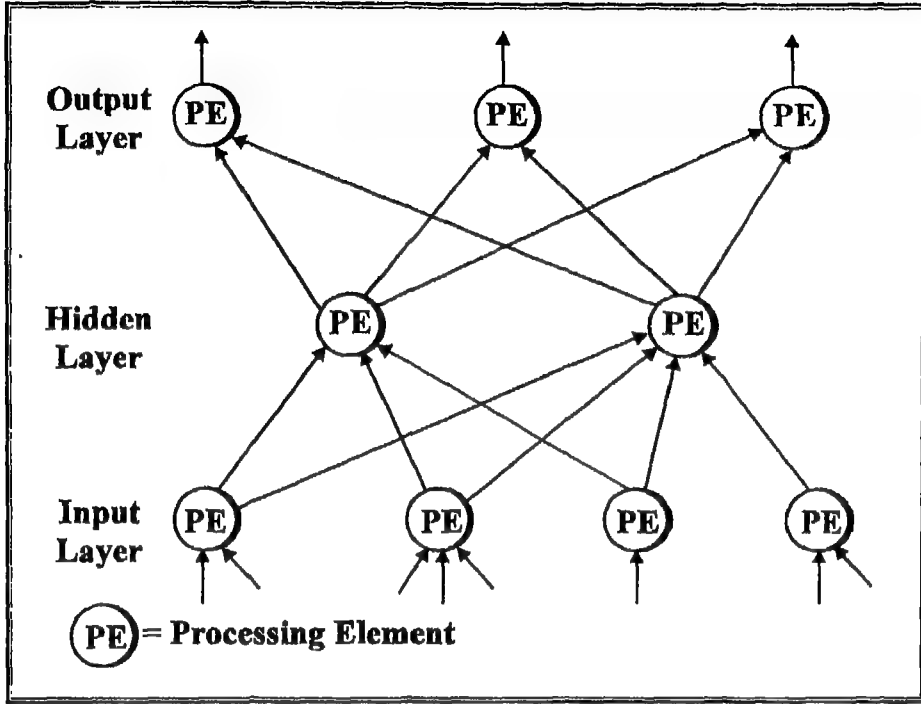
شكل (٢-١٦)

والمدخلات يمكن أن تكون على صورة بيانات خام ( Raw Data ) أو تكون هي المخرجات من عناصر معالجة أخرى. والإشارة الخارجة يمكن أن تكون النتيجة النهائية للمشكلة المطلوب حلها باستخدام الشبكة أو تكون مدخلا لعنصر معالجة آخر. ويتم تجميع عناصر المعالجة فى مجموعات موزعة فى طبقات ( Layers ) لتكوين الشبكة. أنظر شكل (٢-١٦) والذي يوضح التراكيب الأساسية لشبكة عصبية اصطناعية ولاحظ وجود ثلاثة طبقات: طبقة المدخلات ( Input Layer ) والطبقة الخفية ( Hidden Layer ) فى المنتصف وطبقة المخرجات ( Output Layer ).

ويمكن تنظيم الشبكة العصبية الاصطناعية على هياكل مختلفة أو طوبولوجيات ( Topologies ) بمعنى إتصال الخلايا العصبية الاصطناعية بطرق مختلفة مما يعطى أشكالا عديدة للشبكة. وفى معالجة المعلومات تقوم كل عناصر المعالجة بالعمليات الحسابية

## نظرة عامة على الشبكات العصبية

المسندة إليها في نفس الوقت بطريقة المعالجة المتوازية لمحاكاة طريقة عمل العقل البشري.



شكل (١٦-٣)

## ١٦ - ٤ معالجة المعلومات في الشبكات الاصطناعية

بمجرد الإنتهاء من تنفيذ الشبكة العصبية تبدأ عملية معالجة المعلومات التي تشمل الآتى: إرجع إلى الشكل (١٦-٢).

□ المدخلات ( Inputs )

كل مدخل يمثل صفة مميزة واحدة ( Attribute ) فمثلا إذا كانت المشكلة هي إقرار الحصول على قرض ( Loan ) أو عدم إقراره فإن الصفات المميزة يمكن أن تكون مستوى دخل الفرد أو عمره أو أملاكه من عقارات وأطيان وماشابه ذلك وقيم الصفات المميزة ( Values ) هي المدخلات للشبكة.

## نظرة عامة على الشبكات العصبية

### ☐ المخرجات ( Outputs )

تمثل المخرجات حل المشكلة فمثلاً في المثال السابق يمكن أن تكون المخرجات هي نعم للحصول على قرض أو لا لعدم الحصول عليه. وتعطى الشبكة قيماً عددية للمخرجات مثل (+1) في حالة نعم و (0) في حالة لا.

### ☐ الأوزان ( Weights )

يعتبر الوزن ( Weight ) هو العنصر الرئيسي ( Key Element ) في الشبكات العصبية الاصطناعية ( ANN ). ويعبر الوزن عن القوة النسبية ( Relative Strength ) أو القيمة الحسابية للبيانات المبدئية المدخلة أو الروابط المختلفة التي تنقل البيانات من طبقة إلى طبقة. وبمعنى آخر يعبر الوزن عن الأهمية النسبية ( Relative Importance ) لكل مدخل إلى عنصر المعالجة.

### ☐ دالة الجمع ( Summation Function )

تقوم هذه الدالة بحساب الوزن المتوسط لكل المدخلات إلى عنصر المعالجة وذلك بضرب كل قيمة مدخلة (  $X_i$  ) في وزنها (  $W_i$  ) فيتم إيجاد المجموع (  $Y$  ) كالآتي:

$$Y = \sum_{i=1}^n X_i W_i$$

ولأكثر من خلية عصبية (  $j$  ).

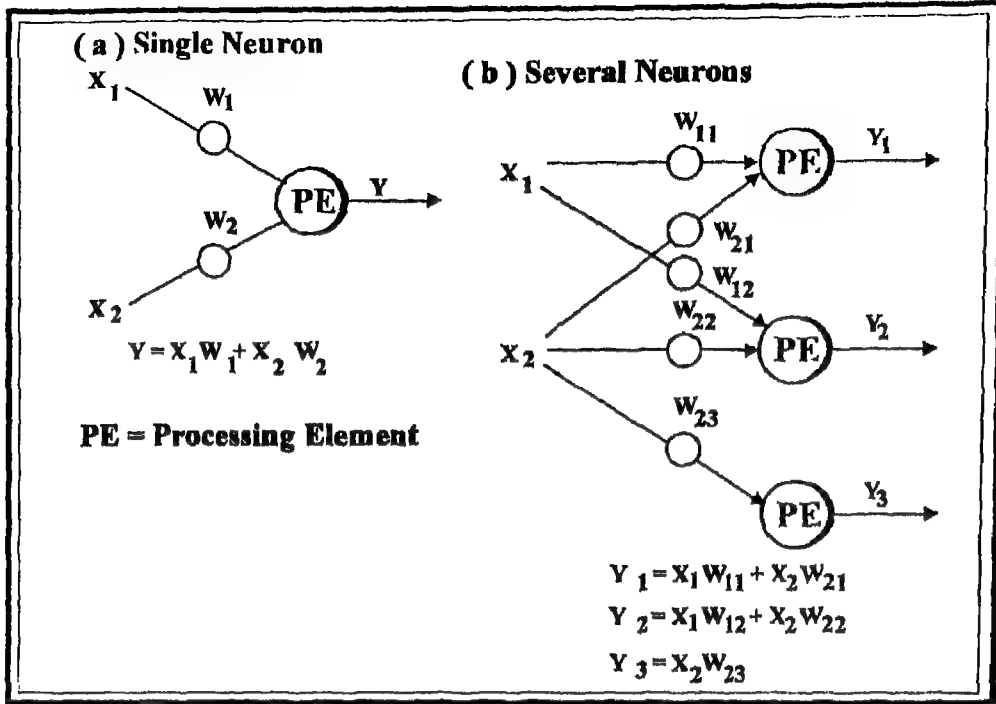
$$Y_j = \sum_i X_i W_{ij}$$

وبوضوح الشكل ( ١٦ - ٤ ) تمثيلاً لدالة الجمع لخلية واحدة وعدة خلايا.

### ☐ دالة الانتقال ( Transfer Function )

كل خلية عصبية لها مستوى إثارة ( Activation Level ) وتقوم دالة الجمع بحساب هذا المستوى فيما يعرف بالمحاكاة الداخلية ( Internal Simulation ). وبناء على هذا المستوى يكون هناك قيمة حرجية من الخلية أو لا يكون. والعلاقة بين مستوى التفاعل الداخلى والقيمة الخارجة يمكن أن تكون خطية ( Linear ) أو غير خطية ( Non Linear ) وهذه العلاقة تمثل باستخدام دالة إنتقال.

## نظرة عامة على الشبكات العصبية



شكل (٤-١٦)

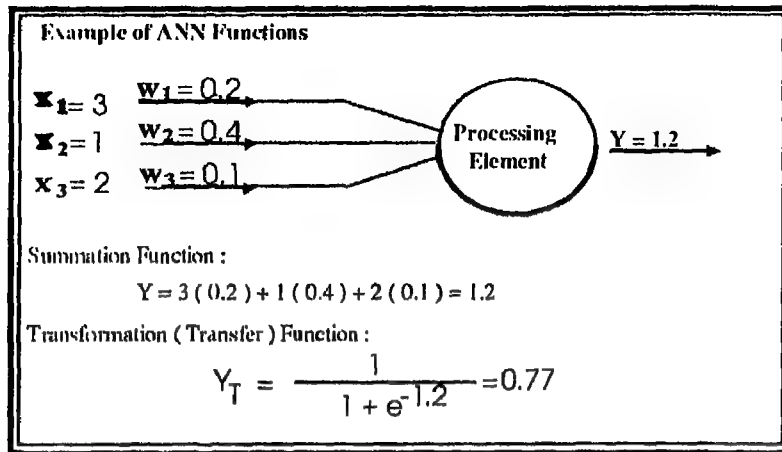
ودوال الإنتقال أنواعها عديدة واختيار أحد هذه الأنواع يتحكم فى عمل الشبكة. ومن الدوال غير الخطية الشائعة الإستخدام دالة الإستثارة المنطقية ( Logical Activation Function ) وصورتها كالآتى :

$$Y_t = \frac{1}{1 + e^{-y}}$$

حيث يرمز للقيمة المحولة ( Transformed ) للمجموع بالرمز (  $Y_t$  ). انظر شكل (٥-١٦).

وتسمى أيضا القيمة (  $Y_t$  ) بالقيمة المعدلة ( Normalized ). وتهدف عملية التحويل إلى تحسين مستويات المخرجات إلى قيمة معقولة بين ( 0 ) و ( 1 ) لأن قيم المخرجات يمكن أن تكون كبيرة جدا وذلك عند وجود أكثر من طبقة. وعملية التعديل يمكن أن تتم على القيمة الخارجة من كل عنصر معالجة أو تتم على القيمة النهائية الناتجة من الشبكة.

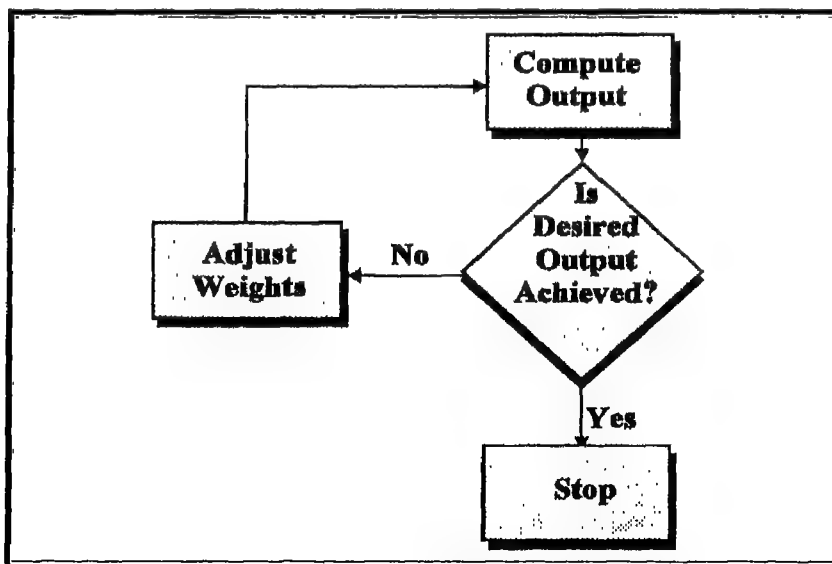
## نظرة عامة على الشبكات العصبية



شكل ( ٥ - ١٦ )

التعلم ( Learning ) ☐

تتعلم الشبكة العصبية الاصطناعية من أخطائها. وتشمل عملية التعلم ثلاثة مهام :  
حساب المخرجات وحساب المخرجات مع إجابات محددة وتعديل الأوزان وإعادة المعالجة.  
وتبدأ المعالجة بوضع قيم عشوائية للأوزان حسب قيمة الانحراف وهو الفرق بين المخرجات  
الحقيقية ( Y ) والمخرجات المطلوبة ( Z ). وبتعديل قيم الأوزان تصل قيمة الانحراف  
إلى الصفر وعندها تكون المخرجات الحقيقية هي نفسها المخرجات المطلوبة. انظر شكل  
( ٦ - ١٦ ).



شكل ( ٦ - ١٦ )

## نظرة عامة على الشبكات العصبية

---

وتشمل معالجة المعلومات باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية تحليل الأشكال ( Analyzing Patterns ) للتعرف عليها ( Pattern Recognition ) عن طريق استخدام معلومات مكتسبة ومخزنة على صورة تنفق ( Stream ) من المدخلات للخلية العصبية بدون معرفة محددة بالقواعد وباستخدام قيم عشوائية للأوزان.

وأثناء مرحلة التعلم تتغير الأوزان المتداخلة حسب بيانات التدريب المقدمة للنظام. وتختلف الشبكات العصبية الاصطناعية في طرق حساب الخطأ ( Error ) وذلك بناء على خوارزم التعلم ( Learning Algorithm ) المستخدم وهناك العديد من هذه الخوارزميات التي تناسب الظروف المختلفة.



## الفصل السابع عشر

معمارية

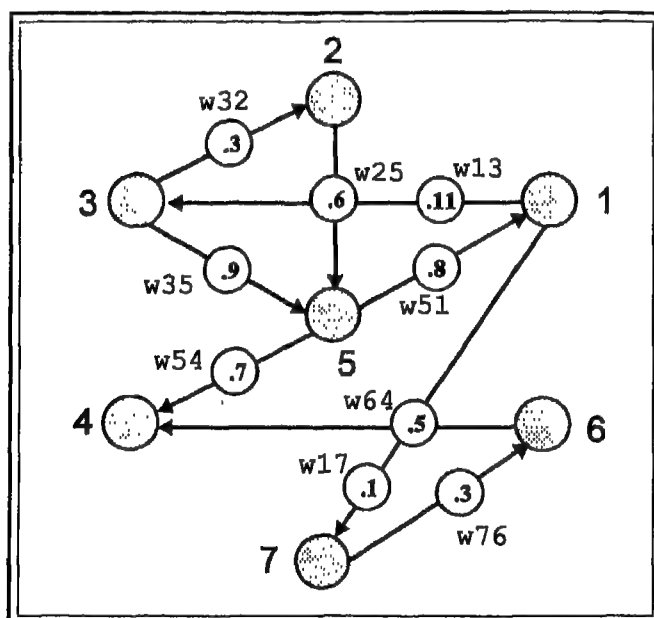
الشبكة العصبية الاصطناعية

( Architecture Of Artificial Neural Network )



## ١٧ - ١ الشبكات العصبية الاصطناعية

الشبكة العصبية الاصطناعية كما أوضحنا سابقا هي نظام ترابطي يتكون من عناصر المعالجة العصبية الأولية ، والتي تمثل الخلايا العصبية الاصطناعية. وهذه العناصر تترابط مع بعضها البعض لتأخذ شكلا معماليا محددا. ويعبر عن شدة الترابط بين عنصرى معالجة 1 و 2 بدلالة كمية قياسية تعرف بشدة الترابط أو الوزن ( Weight ) ويرمز لها بالرمز (  $w_{12}$  ). كما يتميز كل عنصر بكمية قياسية أخرى هي طاقة النشاط أو طاقة الإثارة ( Activation Energy ) وهي أدنى قدر من الطاقة يلزم لتنشيط العنصر. والشكل ( ١-١٧ ) يوضح مخططا لشبكة عصبية اصطناعية نمطية. ويتم تمثيل المعلومات واختزانها فى الشبكة العصبية الاصطناعية بدلالة أوزان الترابط بين عناصرها وبمقدار طاقات إستثارته.



شكل ( ١-١٧ )

والشبكات العصبية الاصطناعية هي نظم متكيفة ( Adaptive ) تكيف من أوزان ترابطها طبقا لطبيعة مداخلها من معلومات كذلك فهي قادرة على التعامل مع عدم الثقة ( Uncertainty ) والنقص والتشويش ( Noise ) والغموض الذى عادة مايكون مصاحبا للمعرفة البشرية.

## ١٧ - ٢ الخصائص العامة للشبكات العصبية الاصطناعية

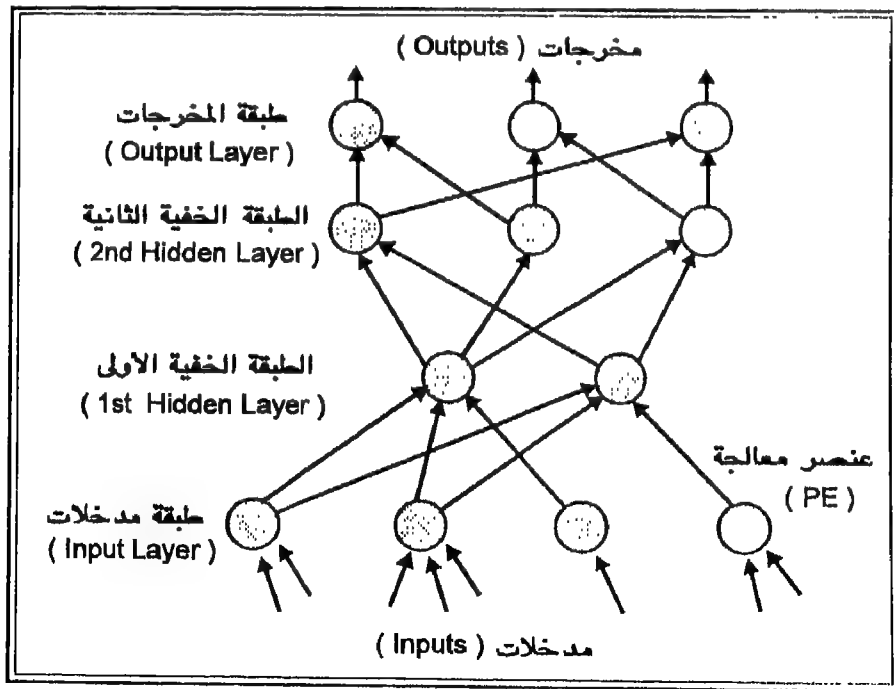
يمكن تصنيف الشبكات العصبية الاصطناعية طبقا للخصائص الآتية :

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

- تضاريس أو طوبولوجية الشبكة.
- طبيعة عملية تذكر المعلومات.
- طبيعة المدخلات.
- طبيعة انتشار الاستثارة من تلك الوحدات والروابط.

### ١٧ - ٢ - ١ طوبولوجية الشبكة ( Network Topology )

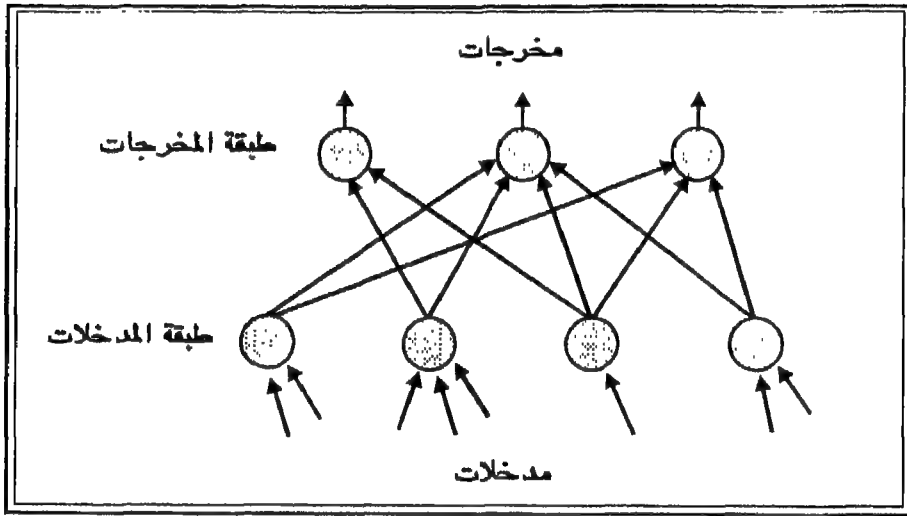
يتألف معمار الشبكة العصبية الاصطناعية من مجموعة طبقات ( Layers ) متتالية من عناصر المعالجة والترابطات. وأبسط تركيب ممكن لشبكة عصبية هو التركيب الذي يتكون من طبقة واحدة من العناصر تربط ربطا مباشرا مدخلات الشبكة مع مخرجاتها. ونتيجة القصور في أداء هذا التركيب ظهرت معماريات أخرى للشبكات تحتوى تراكيبتها على أكثر من طبقة من عناصر المعالجة ومن الترابطات وهى التى تعرف بالشبكات متعددة الطبقات ( Multi-Layer Networks ) حيث تخصص إحدى الطبقات لاستقبال مدخلات الشبكة ( Input Layer ) وتخصص طبقة أخرى لبث مخرجاتها ( Output Layer ) بينما يطلق على باقى الطبقات إسم الطبقات الخفية ( Hidden Layers ). انظر شكل ( ٢ - ١٧ ).



شكل ( ٢ - ١٧ )

## معمارية الشبكة العصبية الإعلانية

وتحتوى الشبكة ثنائية الطبقات على طبقتين من عناصر المعالجة الأولية تربط بينها طبقة من الترابطات، كما يتضح من الشكل ( ١٧ - ٣ ). وتخصص عناصر طبقة منها لاستقبال البيانات وتخصص عناصر الطبقة الأخرى لإخراج النتائج. ويطلق على هذا النموذج اسم النموذج المصفوفى للشبكات ( Matrix Model ) نظرا لإمكان تمثيل أوزان طبقة ترابطاته الوحيدة على هيئة مصفوفة.



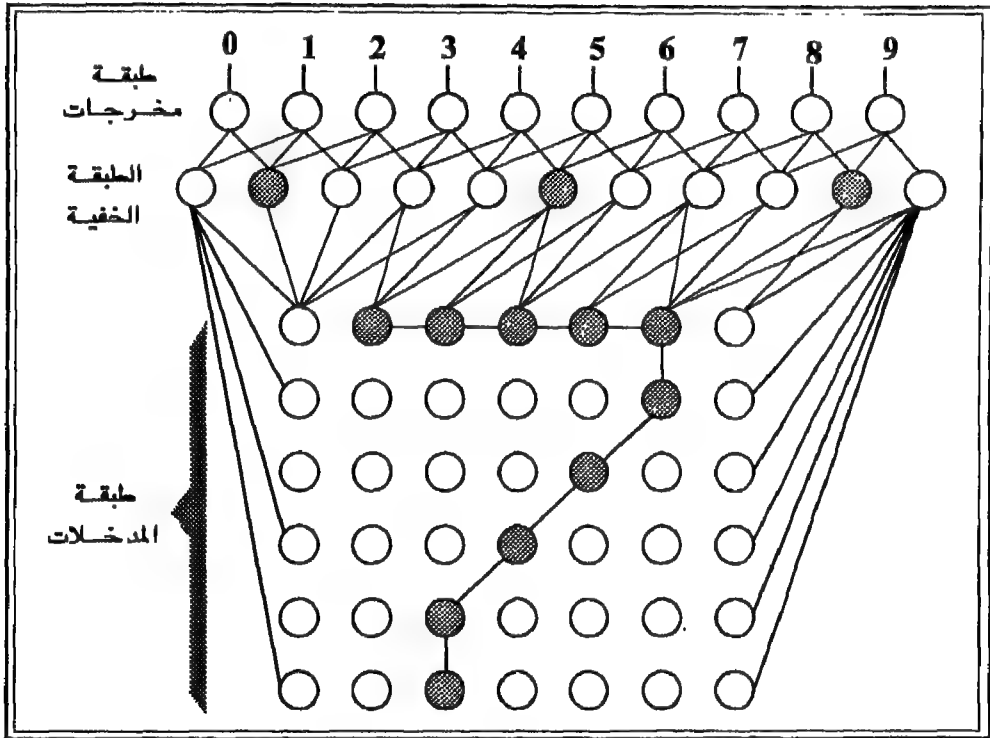
شكل ( ١٧ - ٣ )

وتمكن الطبقات الخفية من تطوير تمثيل داخلى ( Internal Representation ) لما تستشعره من أشكال وما يدخل إليها من أنساق. والشكل ( ١٧ - ٤ ) يوضح مثالا لشبكة ثلاثية الطبقات مصممة للتعرف على أشكال الأرقام. وتتكون طبقة إدخال هذه الشبكة من وحدات إدخال مرتبة على هيئة شبكة ( Grid ) ثنائية الأبعاد يحدد نسق إستثارته شكل الرقم المدخل، رقم ( 7 ) على سبيل المثال، وتترابط وحدات هذه الطبقة ترابطا كاملا مع وحدات الطبقة الثانية ( الطبقة الخفية ) التى يتحدد نسق إستثارته طبقا لنسق إستثارة وحدات الإدخال. ويعتبر نسق إستثارة وحدات الطبقة الخفية بمثابة التمثيل الداخلى الذى تطوره الشبكة للشكل المدخل. وبناء على هذا التمثيل الداخلى تتم إستثارة وحدة من وحدات طبقة الإخراج تعبر عن الشكل المطلوب وهو رقم ( 7 ) فى حالتنا هذه.

وتصنف الشبكات العصبية طبقا لطبيعة إنتشار الإستثارة عبر طبقات وحداتها وترابطها إلى الأنواع الآتية :

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

- شبكات التغذية المتقدمة ( Feed forward ) ، وهى الشبكات التى يخلو تركيبها من وجود حلقة مغلقة ( Closed Loop ) من الترابطات بين الوحدات المكونة لها.
- شبكات التغذية الراجعة ( Feedback ) ، وهى الشبكات التى يمكن لمخرجاتها أن تجد طريقا خلفيا مرة أخرى لتصبح مدخلات.
- شبكات الترابط الذاتى ( Auto associative ) ، وهى الشبكات التى تلعب كافة العناصر المكونة لها دورا مزدوجا فتستقبل المدخلات وتثبت المخرجات فى نفس الوقت.



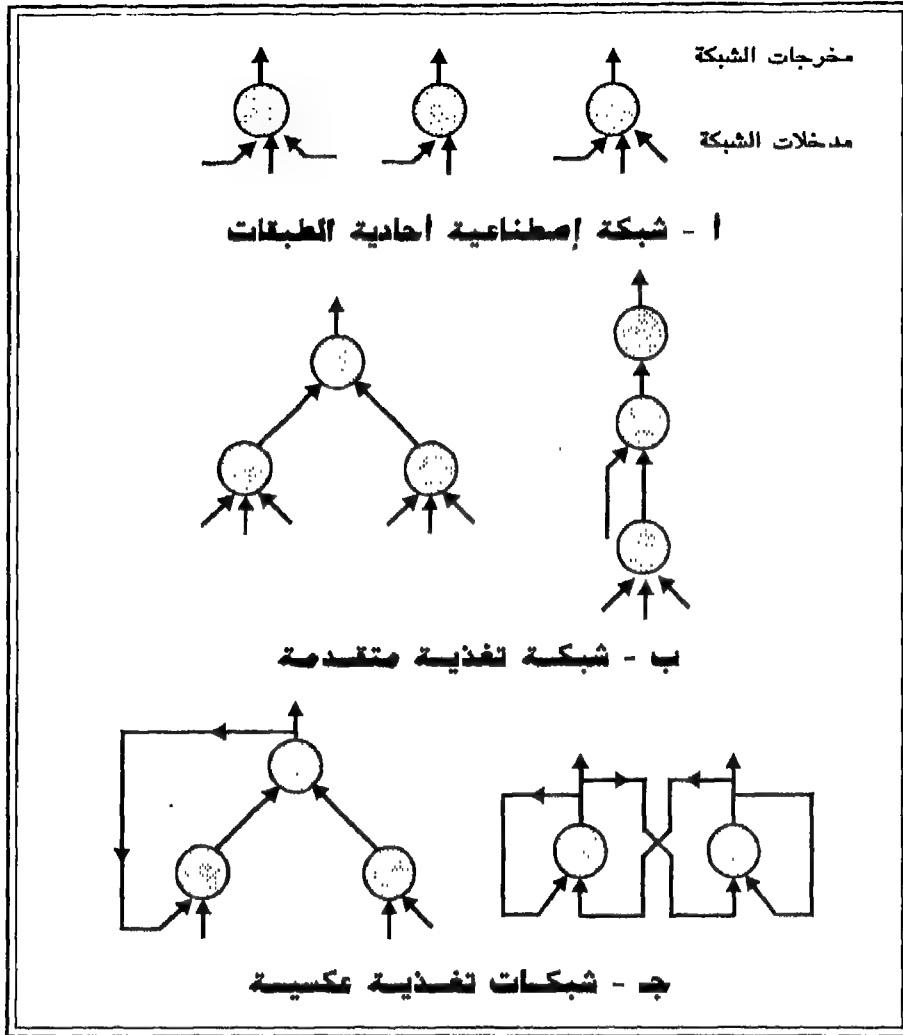
شكل ( ١٧ - ٤ )

ويوضح شكل ( ١٧ - ٥ ) أمثلة للنماذج المعمارية المختلفة للشبكات العصبية الاصطناعية. فالشكل ( ١٧ - ١٥ ) يوضح تركيب شبكة تغذية متقدمة أحادية الطبقة إذ أنها لا تحتوى إلا على طبقة واحدة فقط من وحدات المعالجة تربط بين مدخلات الشبكة وبين مخرجاتها. وهى شبكة مكتملة الترابط ( Fully Connected ) حيث يتصل كل مدخل بكافة عناصر المعالجة التى تتكون منها الشبكة.

أما شكل ( ١٧ - ٥ ب ) فيوضح شبكات تغذية متعددة الطبقات لاحتوائها على طبقات من عناصر المعالجة لاتتصل مباشرة بالمدخلات او بعناصر الطبقات الخفية.

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

ويوضح شكل ( ١٧ - ٥ ج ) نماذج لتراكيب عامة وخاصة لشبكات التغذية الخلفية.



شكل ( ١٧ - ٥ )

## ١٧ - ٣ - ٣ طبيعة عملية تذكر المعلومات

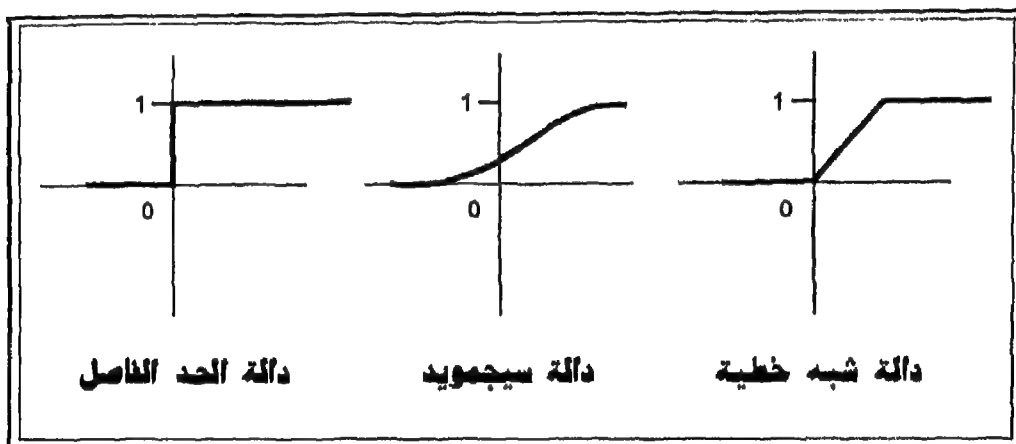
تتوقف عملية تذكر الشبكة العصبية الاصطناعية للمعلومات أو المعارف المخزنة بها أو التي تعلمتها على طبيعة الدالة الرياضية المستخدمة في تمثيل كيفية إستثارة عنصر المعالجة. وتتكون هذه الدالة من قاعدة إستثارة العنصر ومن شكل الدالة العتبية ( Threshold Function ) أو دالة الإخراج المستخدمة. وأبسط قواعد الإستثارة التي يمكن استخدامها تنص على أنه يمكن

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

تمثيل التأثير المجمع للعناصر المكونة للشبكة على عنصر منفرد من عناصرها هو العنصر (j). بواسطة كمية قياسية هي (Zj) تمثل التأثير المدخل الكلى للعنصر المعنى ويتم حساب هذه الكمية بالجمع الموزون لأوضاع إستثارة كافة العناصر الأخرى المرتبطة بالعنصر المعنى أى أن

$$Z_j = \sum_i Y_i W_{ij} - t_j$$

حيث (Yi) هى وضع إستثارة العنصر (i)، أو مخرجه، (Wij) هى وزن الترابط بين العنصرين (i)، (j)، أما (tj) فهى عتبة الإستثارة أو دالة الإخراج للعنصر (j) أو أقل قدر من الطاقة مطلوب لإستثارته. وهناك العديد من الدوال العتبية التى يمكن استخدامها مثل دالة الحد الفاصل ودالة السيجمويد والدالة شبه الخطية، أنظر شكل (١٧-٦)



شكل (١٧-٦)

### ١٧ - ٣ - ٣ طبيعة المدخلات

تحدد طبيعة المدخلات طبقاً لنوع القيم العددية المستخدمة فى تمثيل مدخلات الشبكة  
 فهى قد تكون ثنائية ( Binary ) أو تكون متصلة ( Continuous ).

### ١٧ - ٣ - ٤ طبيعة إنتشار الإستثارة

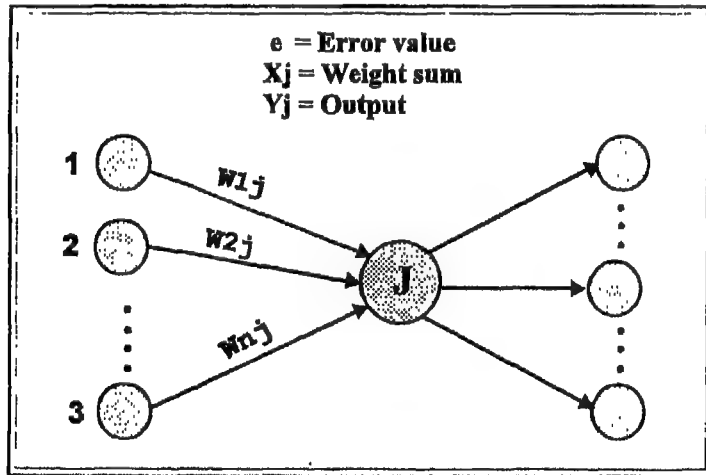
يمكن تصنيف الشبكات طبقاً لنوع الإستثارة إلى نوعين رئيسيين وهما نموذج الإنتشار  
 المرتد ( Back Propagation ) ونموذج الإنتشار العكسى ( Counter Propagation ) ويتم  
 شرحهما فى الأجزاء التالية.



## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

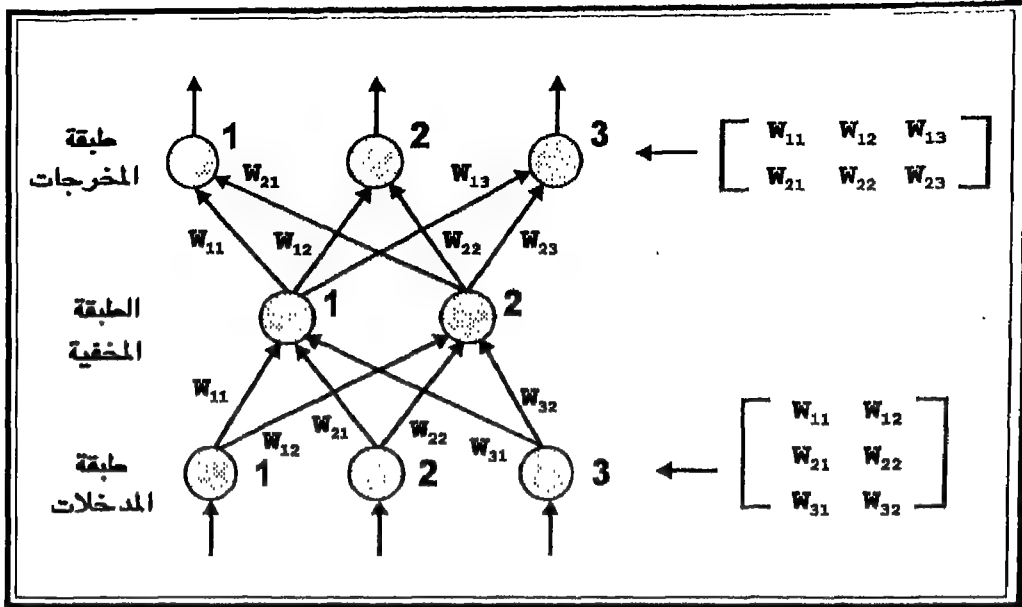
### ١ - نموذج الانتشار المرتد ( Back Propagation )

تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية القائمة على أساس الانتشار المرتد أو الخلفى للخطأ ( Back - Error Propagation ) من أكثر أنواع الشبكات العصبية استخداماً فتطبيقاتها تغطي العديد من المجالات مثل تمييز الأشكال ( Pattern Recognition ) ، التشخيص الطبى ، التعرف على الكلام ، الروبوتات. وهناك العديد من تلك الشبكات التى تستخدم فى تمييز الحروف وفى التعرف على الأهداف بواسطة السونار وفى تصنيف الصور وفى تكوين الإشارات وفى معالجة المعرفة. وعلى وجه العموم يستخدم نموذج شبكات الانتشار المرتد فى معالجة الأمور التى تتطلب تخطيط الأشكال بمعنى أنه فى عرض شكل ما على الشبكة كمدخلات فإن عليها أن تستجيب بتوليد الشكل المطلوب ( الشكل المستهدف ). وشبكة الانتشار المرتد هى شبكة عصبية إصطناعية متعددة الطبقات أى أنها تحتوى على طبقات من الخلايا العصبية المختلفة بالإضافة إلى طبقتى الإدخال والإخراج. والشكل ( ١٧ - ٧ ) يوضح عنصر المعالجة الأولية لتلك الشبكات. حيث نرى العنصر  $J$  ، والذى يتلقى الجمع الموزون (  $x$  ) لمخرجات العناصر الموجودة على يساره ليرسل هو بدوره مخرجا (  $Y = f(x)$  ) إلى الوحدات الأخرى على يمينه. وتصاحب كل وحدة كمية تمثل الخطأ (  $e$  ) فى حساباتها. كما يوضح شكل ( ١٧ - ٨ ) شبكات ثلاثية الطبقات تحتوى على طبقة واحدة من العناصر الخفية ( Hidden Layer ) ، بالإضافة إلى طبقتى الإدخال والإخراج ومصفوفات أوزان ترابطاتها.



شكل ( ١٧ - ٧ )

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية



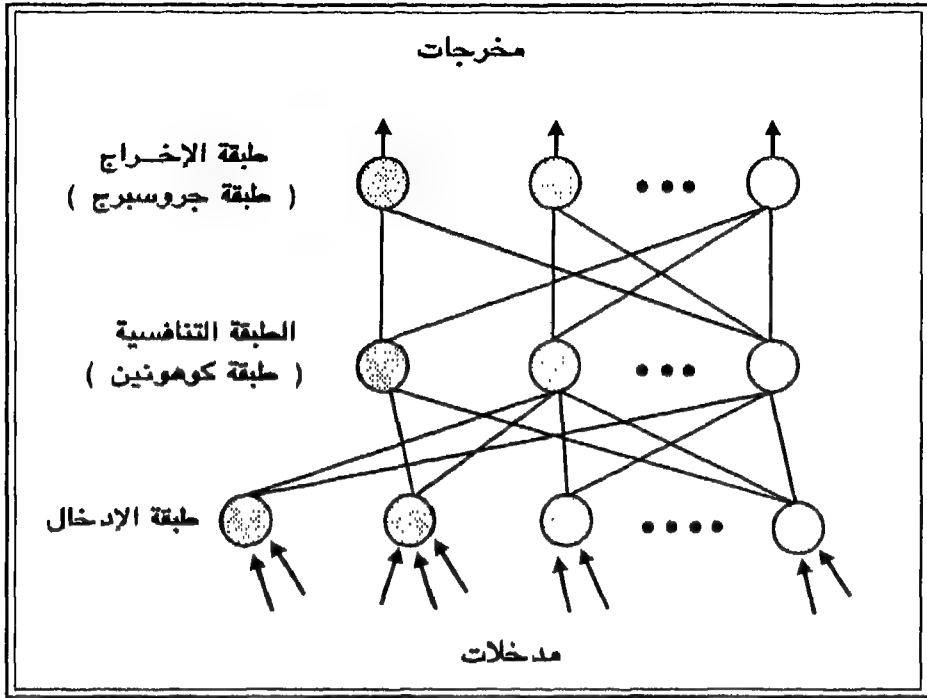
شكل ( ١٧ - ٨ )

وتعليم شبكات الانتشار المرتد هو تعليم موجه يتم بعرض زوج من الأشكال المطلوب مقابلتها على الشبكة وهما الشكل المدخل والشكل المستهدف وتعرف هذه الأزواج ببيانات التدريب. وعند عرض هاتين الصورتين على الشبكة تقوم بضبط الأوزان لتقلل الفرق بين الشكل المخرج والشكل المستهدف وتستمر هذه المحاولات بطريقة تكرارية ( Iterative Process ) إلى أن يصل أداء الشبكة إلى المستوى المطلوب.

### ٢ - نموذج الانتشار العكسي ( Counter Propagation )

تتميز الشبكات العصبية الاصطناعية المبنية على أساس نموذج الانتشار العكسي ( Counter Propagation ) بمعمارها الفريد الذي يحتوى على عدة طبقات لكل منها أسلوبها الخاص في التعلم الذي يختلف من طبقة إلى طبقة. والشكل ( ١٧ - ٩ ) يوضح معمار هذه الشبكة. وتتألف الشبكة من ثلاثة طبقات : طبقة الإدخال ، وطبقة كوهونين ( Kohonen Layer ) وهى طبقة تنافسية ، تتنافس الوحدات المكونة لها فيما بينها على الفوز بأكبر قدر من طاقات الاستثارة الواردة إليها من عناصر طبقة الإدخال. أما الطبقة الأخيرة من هذه الشبكة فهى طبقة الإخراج بطريقة جروسبرج ( Grossberg Layer ) وتختص بإخراج البيانات. وترتبط وحدات كل طبقة ترابطا كاملا مع وحدات الطبقة التى تليها.

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية



شكل (١٧ - ٩)

### ١٧ - ٣ النظم المختلفة لتعليم الشبكات

لعل أهم ما يميز الشبكات العصبية الاصطناعية كنظم حوسبة هو أسلوب معالجتها للمعلومات فهو لا يقوم على مفهوم وضع خوارزمية حل مسبق للمشكلة موضوع المعالجة ومن ثم على صورة هذه الخوارزمية المصاغة بإحدى لغات البرمجة، بمعنى أنه لا يقوم على أسلوب البرمجة المتبع في حالة نظم الحاسبات التقليدية ولكن الشبكة تتعلم كيفية تنفيذ ما قد يطلب منها. ويتم تعليم الشبكة العصبية أو تدريبها بواسطة ضرب الأمثلة لها. فتعليم الشبكة كيفية التعرف على شكل ما لا يتطلب منا توصيفا كميا دقيقا لخائص هذا الشكل ولا يقتضى وضع صيغة منطقية محكمة للمعايير التى تستخدم في تمييزه عن غيره من الأشكال كما هو الحال في نظم الذكاء الاصطناعى التقليدية، ولكنه يتم بعرض أمثلة لهذا الشكل أو الشيء أمام الشبكة لتقوم هى وب نفسها بتعديل أوزان الترابطات بين عناصرها منشئة بذلك تمثيلا داخليا للشكل المطلوب التعرف عليه بحيث يمكنها تذكره كلما دعت الحاجة لذلك.

ومن أهم قواعد التعلم أو قواعد تعديل الأوزان وأكثرها شيوعا تلك التى وضعها هب (Hepp) سنة ١٩٤٩ انطلاقا من مشاهدته لسلوك الشبكات العصبية الطبيعية. وتنص تلك القاعدة على

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

أنه إذا دام عنصر معالجة ( i ) على إستثارة عنصر معالجة ( j ) وحته على بث نبضة كهربية فإن قدرة العنصر ( i ) على إطلاق العنصر ( j ) تزداد بمرور الزمن، ويمكن صياغة هذه القاعدة رياضيا على النحو التالي :

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + C \cdot X_{ij}(t) \cdot Y_j(t)$$

حيث (  $X_{ij}$  ) هو مدخل العنصر ( j ) ، (  $Y_j(t)$  ) هو مخرجه فى الزمن ( t ) و (  $W_{ij}$  ) هو وزن الترابط عند الزمن ( t ) والزمن الذى يليه ( t+1 ) وأخيرا الكمية الثابتة ( C ) وهى كمية موجبة تحدد معدل تعلم الشبكة. أى أن الزيادة فى شدة الترابط بين عنصرى معالجة يتناسب طرديا مع حاصل ضرب وضعى أو طاقة كل منهما.

وتعتبر قاعدة هب حالة خاصة من قاعدة التعلم العامة التى تنص على أن تغيير وزن الرابطة المشبكية ( Synaptic Weight ) أو وزن الترابط ، بين عنصرى معالجة بالزيادة أو بالنقصان يتناسب مع إشارة التعزيز (  $\Delta j$  ) الصادرة من العنصر ( i ) إلى العنصر ( j ) أو الصادرة من بقية عناصر المعالجة المكونة للشبكة أو تلك القادمة من مصدر خارجى مثل بيئة التعلم أى أن

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + C \cdot t_{ij}(t)$$

ويمكن تصنيف أساليب التعلم المختلفة للشبكات العصبية الاصطناعية إلى فئتين رئيسيتين وهما :

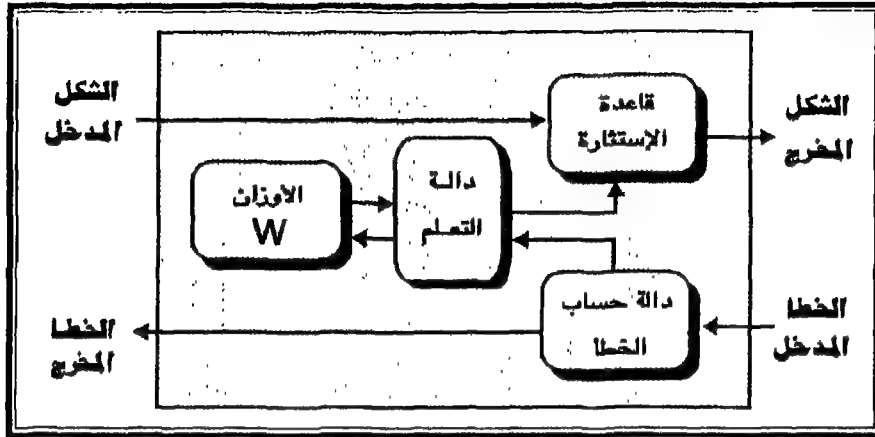
- فئة التعليم الموجه.
- فئة التعليم الذاتى ( غير الموجه ).

## ١٧ - ٣ - ١ التعليم الموجه للشبكات العصبية الاصطناعية ( Supervised Learning of ANN's )

تقوم كل طرق التعليم أو التدريب الموجه للشبكات العصبية الاصطناعية على فكرة عرض البيانات التدريبية أمام الشبكة على هيئة زوج من الأشكال وهما الشكل المدخل ( Input Pattern ) والشكل المستهدف ( Target or Output Pattern ) وتستخدم الشبكة الفرق بين الشكليين فى حساب دالة الخطأ التى تستخدمها بعد ذلك فى تعديل قيم الأوزان بهدف تقليل هذا الفارق. وتتم عملية تعديل الأوزان باستخدام دالة أخرى تعرف بدالة تحديث الأوزان ( Weight Updating Function ) أو دالة التعلم ( Learning Function ) وذلك كما يتضح من الشكل ( ١٧ - ١٠ ).

## معمارية الشبكة العصبية الإسطنائية

ويعتبر التعليم بطريقة الإنتشار المرتد للخطأ ( Back - Error Propagation ) من أهم طرق التعليم الموجه للشبكات العصبية وأكثرها شيوعا هذا بالإضافة إلى استخدامه في تدريب الشبكة المستخدمة في التعرف على أشكال الأرقام العربية.



شكل ( ١٧ - ١٠ )

ويتم تنفيذ خوارزم تعليم شبكات الإنتشار المرتد من خلال مرحلتين رئيسيتين هما مرحلة الإنتشار المتقدم ( Forward-Propagation ) ومرحلة الإنتشار المتقهّر ( Backward-Propagation ).

### ١ - مرحلة الإنتشار المتقدم ( Forward Propagation )

تبدأ هذه المرحلة بعرض الشكل المدخل للشبكة ، حيث تخصص كل عنصر معالجة من طبقة عناصر الإدخال لأحد مكونات المتجه ( Vector ) الذي يمثل الشكل المدخل. والشكل ( ١٧ - ١١ ) يوضح مثالا لهذا المتجه وهو يمثل حرف A مكتوبا بخط اليد. وتسبب قيم مكونات متجه الشكل المدخل إستثارة لوحدة الإدخال ، ويعقب ذلك إنتشار متقدم لتلك الإستثارة عبر بقية طبقات الشبكة. ويتم هذا باستخدام دالة إستثارة تتكون من :

□ قاعدة إستثارة لحساب المدخل الكلي لكل وحدة (  $Y_j$  )

$$Y_j = \sum X_i W_{ij}$$

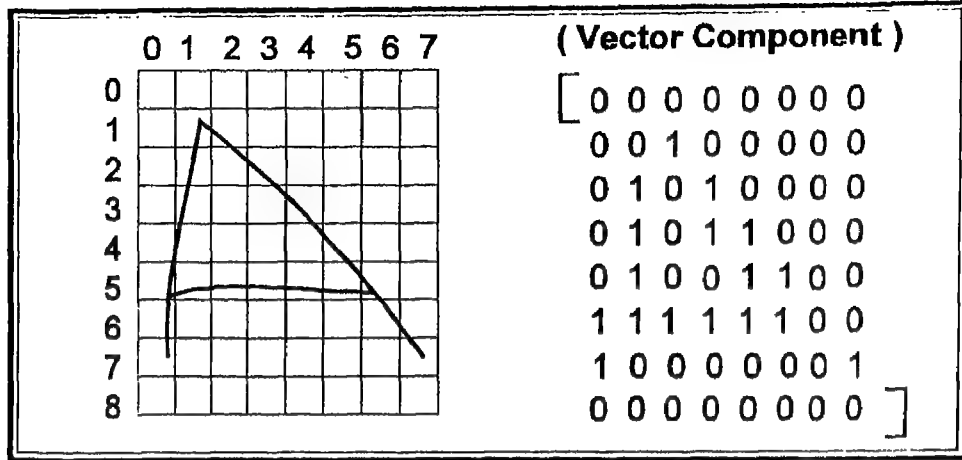
حيث (  $X_j$  ) هو وضع إستثارة الوحدة (  $i$  ) أو مخرجها.

□ دالة إخراج سيجمويد

$$f(X_{ij}) = 1/[1 + \exp(-Y_j)]$$

وينبغي هنا الإشارة إلى أن عناصر طبقة الإدخال تمثل حالة خاصة إذ لا تنطبق دالة الإستثارة السابقة عليها ، فأوضاع إستثارة وحدات تلك الطبقة تحدها مكونات الشكل المدخل.

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية



شكل ( ١٧ - ١١ )

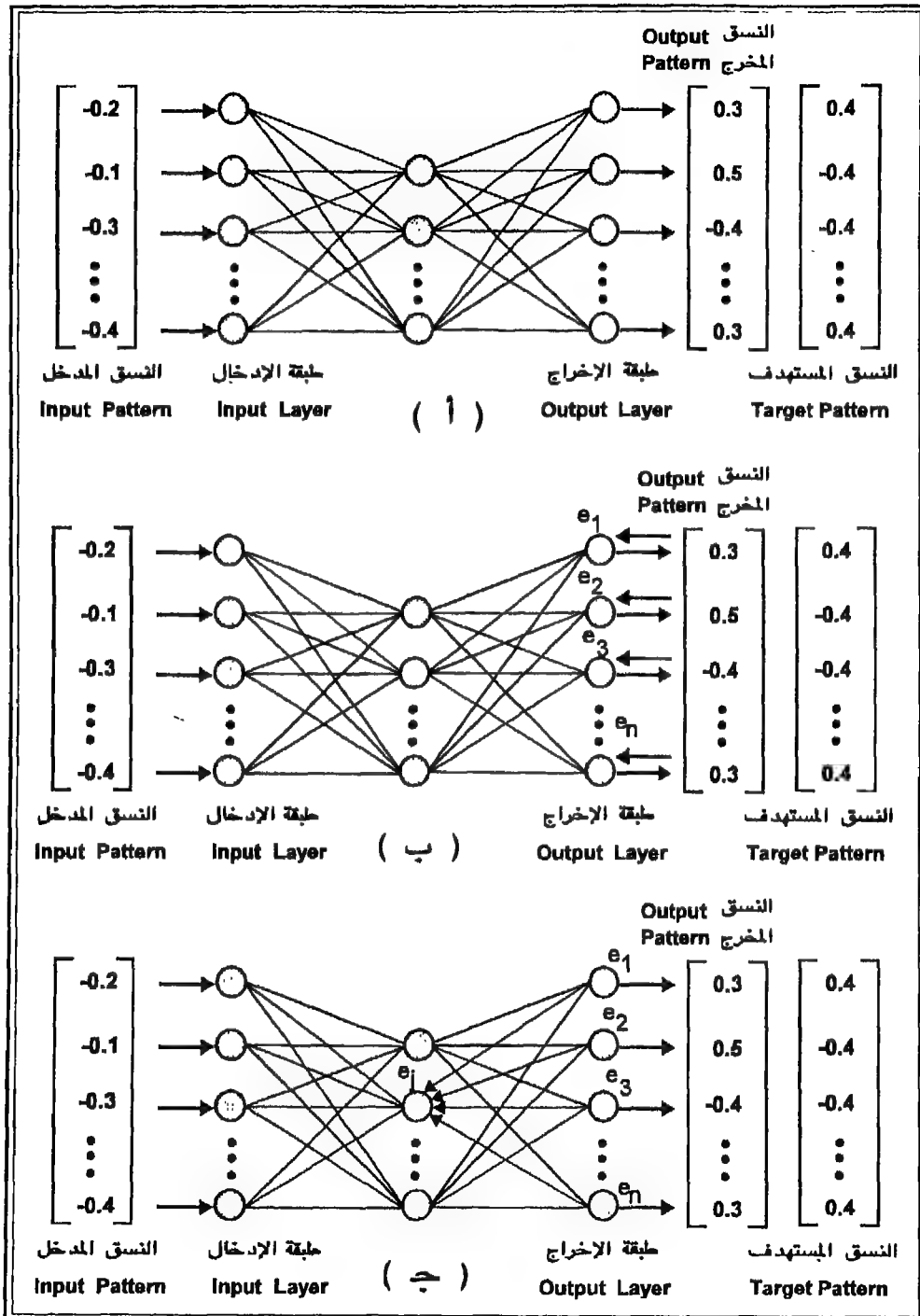
### ٢ - مرحلة الانتشار المتقهقر ( Backward Propagation )

تتم مرحلة الانتشار المتقدم بإنتاج الشبكة لشكل مخرج مقابل للشكل المدخل وذلك من خلال طبقة الإخراج. وهنا تبدأ مرحلة الانتشار المتقهقر بحساب الفرق الذي يمثل خطأ الشبكة في عملية المقابلة بين الشكليين أنظر شكل ( ١٧ - ١٢ ). وتبدأ تلك الحسابات بحساب قيمة خطأ كل عنصر من عناصر طبقة الإخراج كما يتضح من الشكل ( ١٧ - ١٢ ب ) ، وتستخدم تلك القيم في تعديل أوزان الترابط بين عناصر طبقة الإخراج والطبقات الخفية لتقوم هذه الطبقة بتعديل أوزان ترابطات الطبقات التالية من الترابطات. وتستمر هذه العملية بطريقة تكرارية إلى أن يتم تعديل أوزان آخر طبقة من طبقات الترابطات. وتأخذ قاعدة تعلم شبكات الانتشار المرتد للخطأ الصورة العامة التالية :

حيث (  $DW_{ij}$  ) هو مقدار التغير في وزن الربط بين العنصرين (  $i$  ) ، (  $j$  ) و (  $Y_i$  ) هو مخرج العنصر (  $i$  ) و (  $c$  ) هو قيمة الخطأ المحسوب للوحدة (  $j$  ) وأخيراً (  $C$  ) هو ثابت يحدد معدل تعلم الشبكة.

وتعرف هذه القاعدة بقاعدة دلتا العامة ( Generalized Delta Rule ) ويتضح من هذه القاعدة أن قدر التعديل اللازم في شدة الأوزان يتوقف على ثلاثة عوامل ، فهو يزداد بازدياد قيمة الخطأ المحسوب للوحدة (  $j$  ) ، وهو أيضاً يتوقف على مخرج الوحدة فيزداد بازديادها وينقص بنقصانها. أما معدل التعلم فهو مقدار ثابت تتراوح قيمته بين ٠,٢٥ و ٠,٧٥ ، ويتحدد بمعرفة مدرب الشبكة.

## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية



شكل (١٧ - ١٢)

## ١٧ - ٣ - ٢ التعلم الذاتى ( غير الموجه ) للشبكات العصبية

تبنى أساليب التعليم الذاتى للشبكات العصبية الاصطناعية على أساس قدرتها على اكتشاف الملامح المميزة لما يعرض عليها من أشكال وأنساق وقدرتها على تطوير تمثيل داخلى لهذه الأشكال وذلك دون أى معرفة مسبقة بها وبدون عرض أمثلة لما يجب عليها أن تنتجه وذلك على عكس المبدأ المتبع فى أسلوب التعليم الموجه.

أى أن للشبكات العصبية القدرة على التنظيم الذاتى لأوزان ترابطاتها ولأوضاع إستثارة عناصرها طبقا لطبيعة ما يعرض أمامها من أشكال وأنساق. ويعتبر هذا الأسلوب من أساليب التعلم من أكثر الأساليب شبيها بتلك التى تتبعها النظم الحية فى التعرف على الجديد ومن ثم فى تنمية معارفها.

وهناك العديد من طرق تدريب الشبكات التى تتبع هذا الأسلوب كطريقة التعلم التنافسى فى نموذج الإنتشار العكسى وفيها تتم عملية التدريب طبقا للأسلوب التالى أنظر شكل ( ١٧ - ١٣ ) :

☐ يعرض الشكل المدخل على الشبكة كما فى شكل ( ١٧ - ١٣ ) ، لتبدأ وحدات الطبقة المخفية ، طبقة كوهونين ، فى التنافس فيما بينها على الفوز بنصيب الأسد من طاقة الإستثارة القادمة إليها من عناصر طبقة الإدخال عبر طبقة الترابطات الأولى.

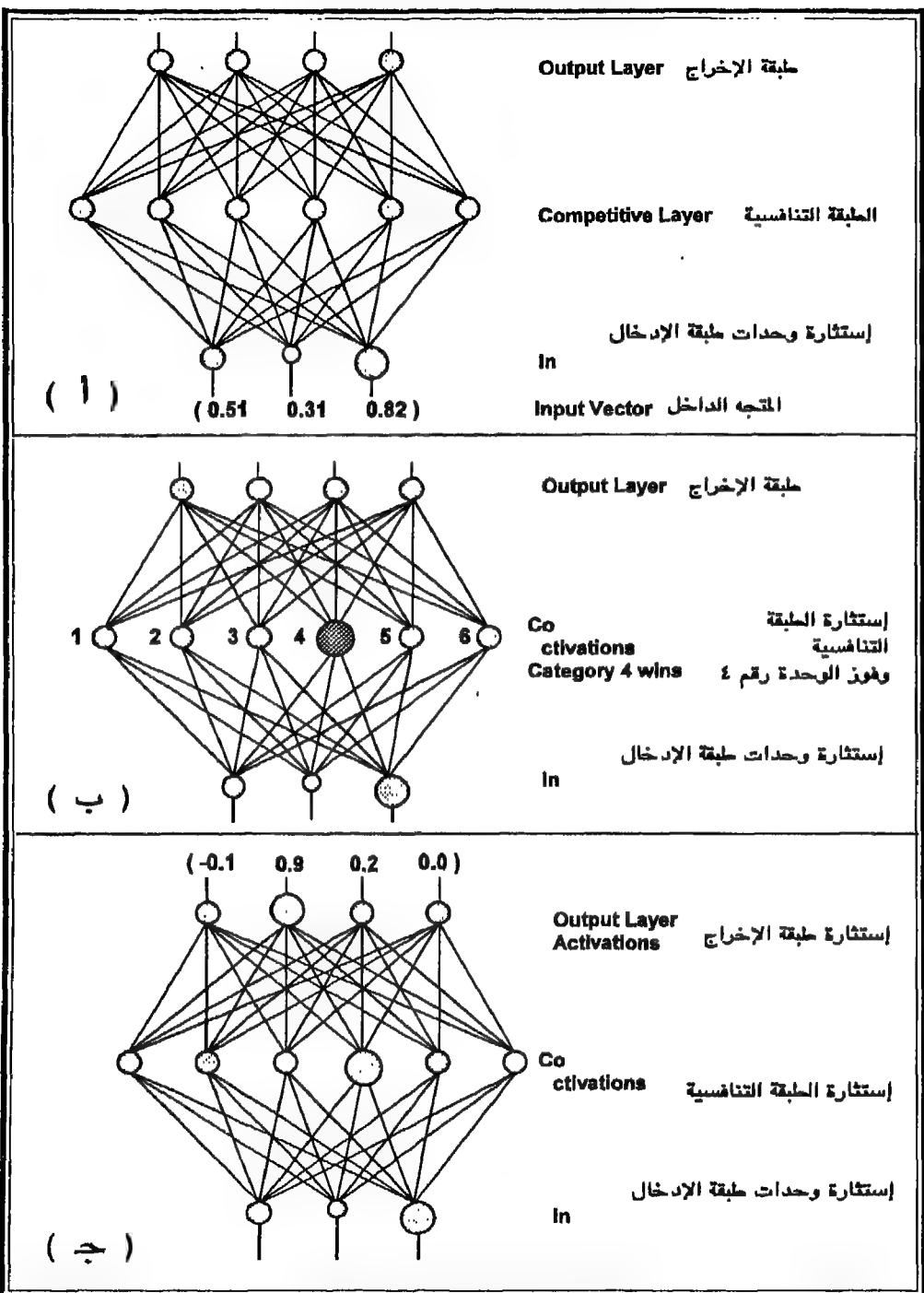
☐ تنتهى عملية التنافس بفوز عنصر معالجة واحد من عناصر طبقة كوهونين بأكبر قدر من طاقة استثارة عناصر طبقة الإدخال وتظل بقية العناصر فى حالة خمول أنظر شكل ( ١٧ - ١٣ ب ).

☐ يقوم العنصر الفائز بعد ذلك باستثارة عناصر طبقة الإخراج ، طبقة جروسبرج طبقا للشكل المخرج أنظر شكل ( ١٧ - ١٣ ج ). ويتم تنفيذ هذه الإستثارة كنتيجة لترابط العنصر الفائز ترابطا كاملا مع كل وحدات طبقة الإخراج ولخمود بقية العناصر فى الطبقة الخفية.

وتستخدم شبكات الإنتشار العكسى فى العديد من التطبيقات مثل تصنيف الأشكال ( Pattern Classification ) وتقريب الدوال ( Function Approximation ) والتحليل الإحصائى ( Statistical Analysis ) وضغط البيانات ( Data Compression ).



## معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية



شكل ( ١٣ - ١٧ )



## الفصل الثامن عشر

### تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية



## ١٨ - ١ بيئة التطوير ( Development Environment )

يشهد مجال تطوير تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية قفزات هائلة أسهم فيها العديد من الباحثين والعلماء فى محاولة لتطوير تطبيقات قادرة على محاكاة قدرات المخ البشرى باستخدام الحوسبة العصبية. وظهرت إتجاهات وأساليب عديدة أثرت فى عمليات التطوير فقدم الباحثون نماذجا لشبكات عصبية جديدة. ولكن هذه النماذج كانت فى حاجة إلى التنفيذ والإختبار لذلك كانت الضرورة إلى تطوير آليات سريعة لتنفيذ هذه النماذج من المعايير الهامة لدفع عجلة التطوير. أما العلماء والمهندسون فقد اخترعوا تقنيات مادية حديثة مثل الشرائح ( Chips ) والمعالجات المساعدة ( Coprocessors ) لاستخدامها فى الشبكات العصبية ولكنها بحاجة للتكامل مع البرمجيات. ولهذا ظهر مجال تطوير برمجيات الشبكات العصبية كواحد من المجالات ذات الأولوية فى ركب تطوير تطبيقات الشبكات العصبية. وأخيرا كان لظهور لغات برمجة الشبكات العصبية التى يمكن تشغيلها على الحاسبات الشخصية أكبر الأثر فى دفع عجلة التطوير وذلك بوجود أساس متين يمكن بناء الشبكات العصبية عليه.

ورغم أن هذه المجالات المفتوحة للتطوير تبشر بظهور آفاق جديدة فى عالم تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية إلا أن التقنيات الحالية والبرمجيات المتاحة الآن ستبقى لفترة ليست بالقصيرة قبل إحلالها بتقنيات جديدة فى هذا المجال. ويمكن القول بأن بيئة التطوير الخاصة بالشبكات العصبية الاصطناعية من برمجيات ومكونات مادية للحوسبة الاصطناعية هى بمثابة الموجة الثانية من موجات التطوير والبحث فى هذا المجال وذلك باعتبار أن الموجة الأولى كانت تطوير وتحليل نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية.

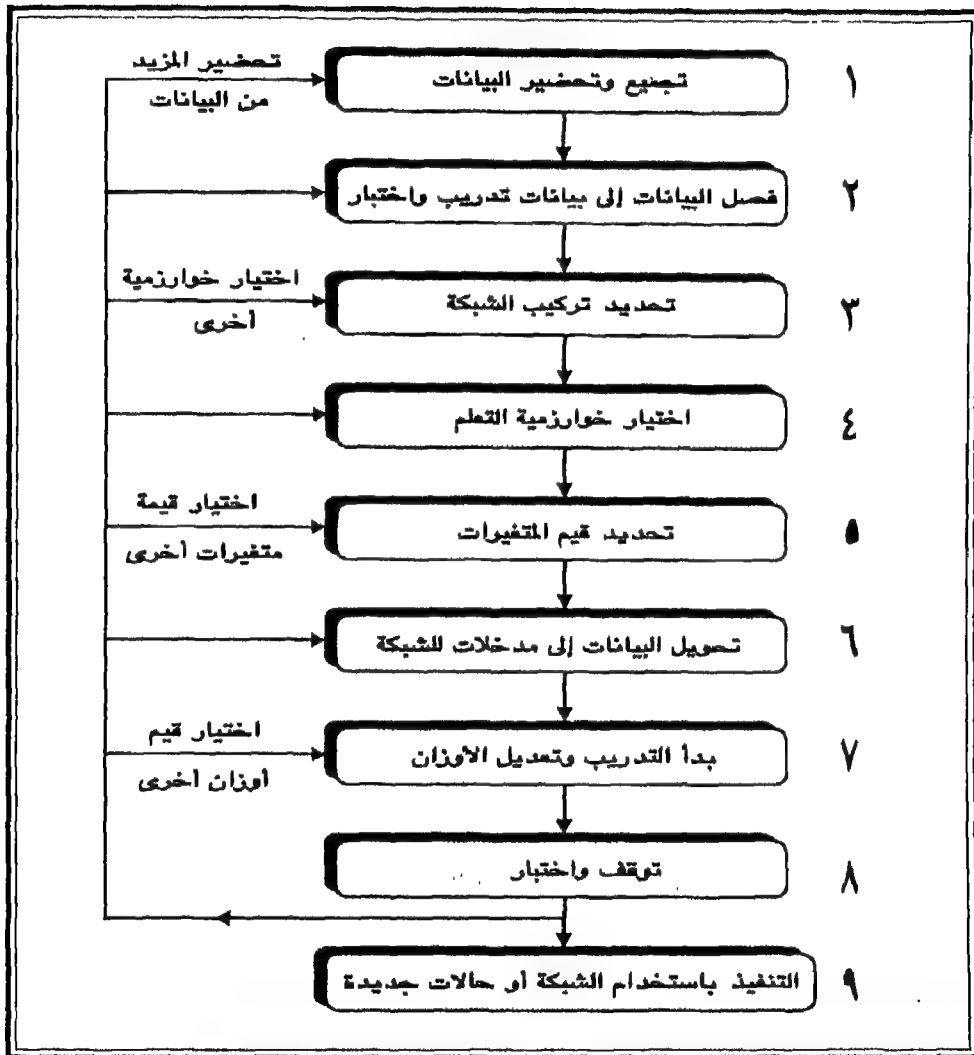
وتشمل بيئة تطوير الشبكات الاصطناعية والخاصة بالحاسبات الشخصية مبادئ : مساعدات الكتابة ( Editors ) والمترجمات ( Compilers ) والروابط ( Linkers ) ومديرى المكتبات ( Library Managers ) وطرق إكتشاف أخطاء التشغيل ( Debuggers ) والجداول الإلكترونية ( Spreadsheets ) وقواعد البيانات ( Databases ) وبرامج معالجة النصوص ( Word Processors ) وبرامج الاتصالات ( Communications ). هذه الأدوات سوف يتم تكاملها مع الشبكات العصبية كأدوات تطوير لتسهم فى تسهيل تطوير برمجيات هذه الشبكات.

## ١٨ - ٢ خطوات عملية تطوير الشبكات الاصطناعية

رغم أن عملية تطوير تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية تشبه إلى حد كبير طرق التصميم الهيكلى لقواعد المعلومات المألوفة والمبنية على الحاسب فهناك بعض الصفات والخطوات

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

التي تنفرد بها تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية. وهذه الخطوات مبنية على فرضية أن الخطوات المبنية لتطوير النظام ، مثل تحديد متطلبات المعلومات وإجراء تحليلات الجدوى ( Feasibility Analysis ) للمشروع ، قد تمت بنجاح وهى خطوات مشتركة لكل نظم المعلومات. ويوضح الشكل ( ١٨ - ١ ) الخطوات التسعة لعمية تطوير تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية.



شكل ( ١٨ - ١ )

فى الخطوتين الأولى والثانية يتم تجميع البيانات الخاصة بعملية التجهيز والاختيار مع وضع خطة مناسبة لاختبار أداء الشبكة. وفى الخطوتين الثالثة والرابعة يتم اختيار معمارية الشبكة ( Network Architecture ) وطريقة التعلم مع الأخذ فى الاعتبار عدد الخلايا العصبية وعدد

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

الطبقات التي سيتم استخدامها. وفي الخطوة الخامسة تفرض الأوزان والمتغيرات الابتدائية الخاصة بالشبكة ثم يلي ذلك تعديل قيم المتغيرات تبعاً للتغذية العكسية لأداء الشبكة. وفي الخطوة السادسة يتم تحويل البيانات الخاصة بالتطبيق إلى صورة البيانات الخاصة بالشبكة ويتطلب ذلك كتابة برنامج حاسبي لمعالجة البيانات. وفي الخطوات السابعة والثامنة تجهز الشبكة بطريقة التكرار ( Iteration ) حيث تقوم بحساب المخرجات الحقيقية ثم تعدل الأوزان حتى تطابق هذه المخرجات المخرجات المطلوبة والبيانات المدخلة في الخطوة الأولى. وفي الخطوة التاسعة يتم الحصول على فئة مستقرة ( Stable Set ) من الأوزان وبها يتم الحصول على المخرجات المطلوبة عن طريق إعطاء مدخلات تشبه المدخلات الموجودة في مرحلة التدريب. وفي هذه المرحلة تكون الشبكة جاهزة للعمل كنظام مستقل ( Stand-alone System ) أو كجزء من نظام خبير آخر. وسوف نعرض فيما يلي شرحاً لهذه الخطوات.

### ١٨ - ٣ - ١ تجميع وإعداد البيانات ( Data Collection and Preparation )

تشمل الخطوات الأولى والثانية لعملية تطوير تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية جمع البيانات وفصلها إلى فئتين : فئة التدريب ( Training Set ) وفئة اختبار ( Test Set ). وهذه المهمة تعتمد على تحليل التطبيق حتى يمكن تحديد وتجميع المشكلة جيداً وفهم طبيعة أداء الشبكة.

ويجب على المطور تحديد ( Identify ) وإيضاح ( Clarify ) البيانات المرتبطة بالمشكلة وهذا يعني إنجاز هذه المهمة بطريقة الاعتماد على البيانات ( Data-Oriented ) والتي تخدم إيجاد الحلول المطلوبة من الشبكات العصبية. على سبيل المثال : الوصف اللفظي يجب أن يحول إلى قيمة عددية حتى يمكن معالجته وفهمه بواسطة الشبكة. وهناك اعتبار آخر وهو استقرار المدخلات ( Stability ) ومدى الحاجة إلى تغيير عدد عقد الإدخال ( Input Nodes ) للشبكة العصبية نتيجة التغيير في الظروف المحيطة.

ويتحكم تركيب الشبكة العصبية وخوارزميات التعلم ( Learning Algorithms ) في نوع البيانات فهي إما بيانات ثنائية ( Binary ) أو متصلة ( Continuous ).

وتحتاج عملية تجميع البيانات إلى عناية خاصة لتجنب الأخطاء ( Errors ) والعشوائية في تجميع البيانات ( Randomness ) كذلك يجب أن تغطي البيانات مساحة واسعة من نطاق المشكلة. أي تتعدى البيانات في تغطيتها العمليات الروتينية ( Routine Operations ) إلى

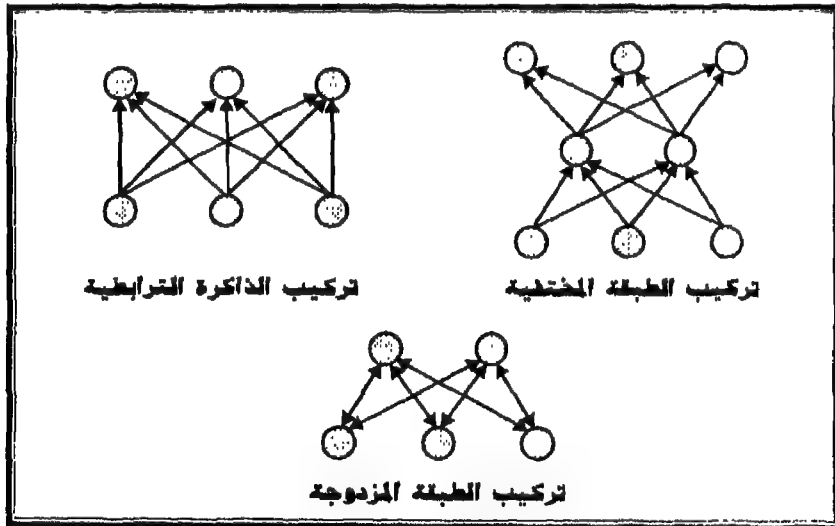
## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

الإستثناءات والظروف المحيطة بنطاق المشكلة. أيضا يجب التأكد من صفة الاعتمادية على البيانات ( Reliability ) وذلك بالحصول عليها من أكثر من مصدر.

وكثرة فئات البيانات تزيد من وقت معالجتها أثناء التدريب في حين تحسن البيانات الجيدة من دقة تجهيز الشبكة وتزيد من سرعة الإقتراب إلى مجموعة جيدة من الأوزان. ويتم فصل البيانات بطريقة عشوائية ( Randomly ) إلى فئة لتجهيز الشبكة أو تدريبها وفئة الإختبار. وتستخدم فئة التجهيز لتعديل ( Adjust ) الأوزان وتستخدم فئة الإختبار لتحقيق صحة ( Validation ) الشبكة العصبية.

### ١٨ - ٢ - ٢ تراكيب الشبكة ( Network Structures )

هناك العديد من نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية التي تم تنفيذها. ويوضح الشكل ( ١٨ - ٢ ) بعض تراكيب الشبكات العصبية مثل نظام الذاكرة الترابطية (Associative Memory) والطبقة الخفية ( Hidden Layer ) والتراكيب ذات الطبقة المزدوجة ( Double Layer ). وفيما يلي شرح مفصل لهذه التراكيب.



شكل ( ١٨ - ٢ )

#### ١ - نظم الذاكرة الترابطية

معنى الذاكرة الترابطية ( Associative Memory ) هو القدرة على استدعاء أوضاع ومواقف كاملة من المعلومات الجزئية. وهذه النظم تربط بين البيانات المدخلة والمعلومات



## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

المخزنة في الذاكرة. ويمكن استدعاء المعلومات من مدخلات غير كاملة أو متداخلة ( Noisy ) ويتدرج الأداء ببطء فقط عند فشل الخلية العصبية. ويمكن لنظم الذاكرة الترابطية إكتشاف التشابه بين المدخلات الجديدة والأشكال المخزنة. ومعظم تراكيب الشبكات العصبية يمكن استخدامه كذاكرة ترابطية.

### ٢ - الطبقة الخفية

يمكن أن تحتوى نظم الذاكرة الترابطية على واحد أو أكثر من الطبقات المتوسطة ( Intermediate ) والتي تسمى الطبقات الخفية ( Hidden Layers ).

### ٣ - التراكيب ذات الطبقة المزدوجة

هذه التراكيب لا تحتاج إلى معلومات عن العدد المحدد لأنواع بيانات التدريب ولكنها تستخدم التغذية الأمامية ( Forward Feed ) والتغذية الخلفية ( Backward Feed ) لضبط المتغيرات عند تحليل البيانات لإيجاد أعداد اختيارية لأنواع البيانات المقدمة إلى النظام.

وتحتاج التطبيقات العملية إلى واحد أو أكثر من الطبقات الخفية بين خلايا الإدخال والإخراج مما يعنى استخدام عدد كبير من الأوزان. فمثلا في الشبكات العصبية الاصطناعية التجارية توجد أربعة أو خمسة طبقات خفية وبكل طبقة من ( ١٠ ) إلى ( ١٠٠٠ ) عنصر معالجة.

## ١٨ - ٣ - ٣ الإعداد ( التجهيز )

في مرحلة التجهيز لتدريب الشبكة ، وهى الخطوة الرابعة من خطوات التطوير ، يجب فى البداية تحديد خوارزمية التعليم. ويرتبط قرار تحديد الخوارزمية بأدوات البرمجيات ( Software Tools ) المزمع استخدامها كما يجب إتخاذ هذا القرار فى هذه المرحلة لأن تركيب الشبكة وتشكيل البيانات يمكن تعديله ليناسب خوارزمية التعليم وخصوصا فى حالة اختيار البرمجيات كأداة.

ويلى مرحلة الإعداد تحديد العديد من المتغيرات ( Parameters ) وهى الخطوة الخامسة. واحد هذه المتغيرات هو الذى يحدد معدل التعليم ( Rate Of Learning ) كذلك المتغير الخاص بتحديد شكل المخرجات وأيضا القيمة الابتدائية للأوزان المطلوب استخدامها.

والمهمة الأخيرة فى عملية الإعداد هى تحويل بيانات التدريب والإختبار إلى الشكل الذى تطلبه الشركة وتجهيز الخوارزم الخاص بذلك ، وهى الخطوة السادسة.

## ١٨ - ٢ - ٤ تدريب الشبكة

تتكون الخطوة السابقة وهي خطوة تدريب الشبكة من تقديم بيانات التدريب للشبكة بغرض تعديل الأوزان حتى يمكن الحصول على المخرجات المطلوبة لكل المدخلات.

وتتم عملية تعديل الأوزان بعد تقديم كل المدخلات ويلزم لذلك إجراء العديد من المحاولات التدريبية المكررة ( Iterations ) حتى يمكن الحصول على فئة متوافقة من الأوزان والتي يمكن أن تعمل مع كل بيانات التدريب.

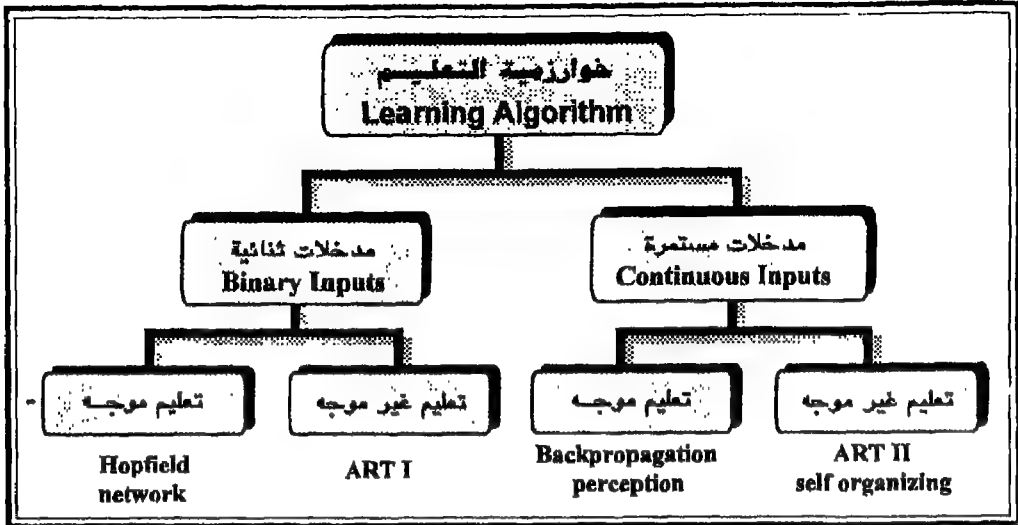
ويتحكم تركيب الشبكة في زمن التدريب بالإضافة إلى عقد الإدخال ( Input Nodes ) وعدد الطبقات ( Layers ) واختيار القيم الابتدائية لمتغيرات الشبكة. من هنا يظهر مدى الأهمية المطلوبة والحرص في اختيار العوامل السابقة.

## ١٨ - ٢ - ٥ خوارزميات التعلم ( Learning Algorithms )

من أهم الإعتبارات في الشبكة العصبية الاصطناعية استخدام خوارزمية التعليم المناسبة. وهناك العديد من هذه الخوارزميات من بينها تم تمييز نوعين رئيسيين بناء على شكل المدخلات وهي إما قيم ثنائية ( Binary Values ) أو قيم متصلة ( Continuous ). ولكل نوع من المدخلات يمكن استخدام خوارزمية تعليم موجه ( Supervised ) أو خوارزمية تعليم غير موجه ( Unsupervised ) ، أنظر شكل ( ١٨ - ٣ )

والتعليم الموجه يستخدم مجموعة من المدخلات يكون لها مخرجات مطلوبة ومعروفة. ويستخدم هذا الخوارزم الفرق بين المخرجات المطلوبة والمخرجات الحقيقية في حساب التعديلات في أوزان الشبكة. من أمثلة هذا النوع من التعليم الإنتشار الخلفي ( Back Propagation ) كذلك شبكة ( Hopfield ).

أما في حالة التعليم غير الموجه فتكون الشبكة منظمة ذاتيا ( Self - Organizing ) بمعنى أنها تنظم نفسها داخليا بحيث تستجيب كل عناصر المعالجة الخفية إلى كل فئة من المدخلات تبعا لاستراتيجية معينة.



شكل ( ٨ - ٣ )

ولكن كيف تتعلم الشبكة ؟ نأخذ خلية عصبية مكررة للعملية المنطقية ( OR ) ونفرض أن المدخلات هي (  $X_1$  ,  $X_2$  ) فإذا كان لأى منهما أو لكليهما قيمة موجبة عندئذ تكون النتيجة موجبة وبتضح ذلك كما يلى :

Case	$X_1$	$X_2$	Result ( desired )
1	0	0	0
2	0	1	1 ( positive )
3	1	0	1 ( positive )
4	1	1	1 ( positive )

لذلك يجب تدريب الخلية على التعرف على أشكال المدخلات وتمييزها لإعطاء النتيجة الصحيحة. وهذا الإجراء يكون عبارة عن طريقة لتقديم أشكال المدخلات الأربعة حتى يمكن تغيير الأوزان بواسطة الحاسب بعد كل محاولة. وتكرر هذه الخطوة حتى تصل الأوزان إلى القيم الصحيحة التى تسمح للخلية بالتمييز بين المدخلات الأربعة بطريقة صحيحة. والجدول الآتى يوضح هذه النتائج

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

Step	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Z	Initial				Final	
				W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	Y	Delta	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>
1	0	0	0	0.1	0.3	0	0.0	0.1	0.3
	0	1	1	0.1	0.3	0	1.0	0.1	0.5
	1	0	1	0.1	0.5	0	1.0	0.3	0.5
	1	1	1	0.3	0.5	1	0.0	0.3	0.5
2	0	0	0	0.3	0.5	0	0.0	0.3	0.5
	0	1	1	0.3	0.5	0	1.0	0.3	0.7
	1	0	1	0.3	0.7	0	1.0	0.5	0.7
	1	1	1	0.5	0.7	1	0.0	0.5	0.7
3	0	0	0	0.5	0.7	0	0.0	0.5	0.7
	0	1	1	0.5	0.7	1	0.0	0.5	0.7
	1	0	1	0.5	0.7	0	1.0	0.7	0.7
	1	1	1	0.7	0.7	1	0.0	0.7	0.7
4	0	0	0	0.7	0.7	0	0.0	0.7	0.7
	0	1	1	0.7	0.7	1	0.0	0.7	0.7
	1	0	1	0.7	0.7	1	0.0	0.7	0.7
	1	1	1	0.7	0.7	1	0.0	0.7	0.7

وبإلا حظ في النتائج السابقة استخدام الدالة العتبية ( Step Function ) لحساب مجموع القيم المدخلة. وبعد حساب المخرجات يتم حساب الخطأ أو معدل الإنحراف ( Delta ) بين المخرجات ( Y<sub>i</sub> ) والقيم المطلوبة ( Z<sub>i</sub> ) ويمكن بذلك تحديث الأوزان مما يؤدي إلى الحصول على المخرجات الصحيحة. وعند أى خلية ( J ) يمكن حساب المعامل ( Delta ) كالآتي :

$$\Delta = Z_i - Y_i$$

$$W_i (\text{final}) = W_i (\text{initial}) + \alpha * \Delta * X_i$$

والمعامل ألفا في المعادلة السابقة يتحكم في سرعة عملية التعلم.

## ١٨ - ٢ - ٦ الانتشار الخلفي ( Back Propagation )

الانتشار الخلفي للخطأ ( Back - Error Prop. ) هو أكثر الخوارزميات التعليمية استعمالاً لسهولة تطبيقه لأنه لا يحتاج إلى بيانات تدريبية لتجهيز وتدريب الشبكة قبل استعمالها لمعالجة بيانات أخرى. والشبكات التي تستعمل خوارزمية الانتشار الخلفي تحتوى على واحدة أو أكثر من الطبقات الخفية.

وتعمل الشبكة بنظام التغذية الأمامية ( Forward Feed ) لعدم وجود علاقة بين مخرجات عنصر المعالجة والمدخلات إلى العقد ( Nodes ) في نفس الطبقة أو الطبقات السابقة. وتقارن المخرجات أثناء التدريب بمجموعة من الأشكال الصحيحة التي يتم تغذيتها من الخارج وتستعمل التغذية العكسية ( Feedback ) لضبط الأوزان حتى تتماثل مخرجات الشبكة مع الأشكال الصحيحة المعطاة.

ويستخدم الخطأ بين قيم المخرجات الحقيقية والمخرجات المطلوبة في تصحيح الأوزان للطبقة السابقة ويستخدم لذلك العلاقة

$$\Delta = (Z_i - Y_i) * \frac{df}{dx}$$

$$f = [1 + \exp(-x)]^{-1}$$

Where X is proportional to the Sum of the weighted inputs to that neuron

So,

$$\frac{df}{dx} = f(1-f)$$

and the error is

$$\Delta = (Z_i - Y_i) * f(1-f)$$

والمعادلة الأخيرة هي علاقة مباشرة بين المخرجات المطلوبة والحقيقية. والإجراء المتبع دائماً في تنفيذ خوارزمية التعليم هو إعطاء قيم عشوائية ابتدائية للأوزان والمتغيرات الأخرى ثم تقرأ مصفوفة المدخلات والمخرجات المطلوبة إلى ذلك حساب المخرجات الفعلية للطبقة ثم

## تطوير وبغاء الشبكات العصبية الاصطناعية

تغير الأوزان بالحساب الخلفى من طبقة المخرجات إلى الطبقة الخفية. ويتكرر هذا الإجراء لكل مصفوفات المدخلات حتى تتوافق المخرجات الحقيقية مع المخرجات المطلوبة.

والوقت اللازم لحساب محاولة تكرارية واحدة ( One Iteration ) يكون كبيراً لذلك تحتاج الشبكة الكبيرة إلى وقت كبير لعملية التدريب مما أدى إلى فتح باب البحث لتطوير خوارزميات تساعد في تحسين وقت التدريب.

## ١٨ - ٢ - ٧ الاختبار ( Testing )

في الخطوة الثانية من خطوات التطوير تقسم البيانات المتاحة إلى بيانات تدريب وبيانات اختبار. وبانتهاء عملية التدريب تبدأ عملية الاختبار. وتهدف هذه العملية إلى اختبار أداء الشبكة وذلك باستخدام الأوزان المستنتجة من مرحلة التدريب كذلك قياس مدى قدرة الشبكة على حساب المخرجات الصحيحة باستخدام بيانات التدريب. وأول هذه الاختبارات الصندوق الأسود ( Black - Box ).

ونتائج الاختبار عادة لا تكون مثالية ولكن ينتظر منها تحقيق قدر معين من الجودة. ودائماً ما تكون تطبيقات الشبكة العصبية بديلاً لطريقة أخرى تستخدم بدورها كنموذج قياسي لأداء الشبكة. على سبيل المثال يمكن للطرق الإحصائية ( Statistical Techniques ) التمييز الصحيح للمدخلات ( ٧٠٪ ) من الوقت واستخدام الشبكات العصبية كبديل لهذه الطرق الإحصائية يحسن هذه النسبة. وفي حالة إحلال الشبكة العصبية محل العمليات اليدوية يستخدم مستوى أداء معالجة الإنسان كنموذج قياسي لمدى نجاح مرحلة اختبار الشبكة العصبية ويجب أن تحتوى خطة الاختبار على حالات نمطية ( Routine Cases ) وحالات خاصة من اختبار حدود النطاق ( Boundaries ) الخاص بالمشكلة لاحتمال حدوث إنحراف كبير عند هذه الحدود وفي هذه الحالة يجب إعادة عملية التدريب والاختبار.

ومن الطرق الأخرى للاختبار إجراء تحليل إحصائي للأوزان للبحث عن قيم كبيرة غير عادية تعبر عن زيادة تدريب ( Overtraining ) أو أوزان صغيرة غير عادية تعبر عن عقد ( Nodes ) غير ضرورية كذلك فإن بعض الأوزان التي تمثل عوامل رئيسية في مصفوفة المدخلات يمكن اختيارها واختبارها للتأكد من الاستجابة الملائمة للمخرجات المناظرة.

## ١٨ - ٣ - ٨ التنفيذ ( Implementation )

فى الخطوة التاسعة والتي يتم فيها تنفيذ الشبكة العصبية الاصطناعية تظهر الحاجة إلى وصلات ( Interfaces ) مع نظم معلومات مبنية على الحاسب وتدريب للمستخدمين ( Users ) . ويحتاج تحسين النظام إلى الملاحظة الدائمة والتغذية العكسية بين المطورين لضمان النجاح على المدى الطويل.

وإذا كانت الشبكة العصبية الاصطناعية جزءاً من نظام أكبر فهي تحتاج إلى وصلات مع نظم المعلومات الأخرى وأجهزة الإدخال والإخراج ( I/O Devices ) والتشغيل اليدوى للمستخدمين. وتعتبر عمليات التوثيق ( Documentation ) وتدريب المستخدمين من الأساسيات المطلوبة لضمان نجاح التكامل فى العمليات الرئيسية كذلك يجب التخطيط لتحديث عمليات التدريب وعمل دورات تدريبية منتظمة لإعادة التدريب على الشبكة وذلك لزيادة القدرة على التعرف وكذلك دراسة الحالات الجديدة التى يتم اكتشافها أثناء ظروف التشغيل العادية.

وتعد عمليات التقييم ( Evaluation ) الدورية لأداء الشبكة من العمليات التى نضمن بها الأخذ فى الاعتبار التغييرات البيئية المستمرة وإزالة أخطاء التشغيل ( Bugs ) التى قد تتطلب بعض التغييرات فى الشبكة أيضاً يفضل إجراء بعض التحسينات ( Enhancements ) بعد أن يصبح المستخدم أكثر تألفاً مع النظام.

وفيما يلى ملخص للقرارات التى يجب إتخاذها أثناء بناء الشبكة العصبية الاصطناعية :

- حجم بيانات التدريب والإختبار.
- خوارزمية التعليم.
- عناصر المعالجة وتوزيعها فى طبقات فيما يعرف بالتضاريس أو طوبولوجية الشبكة.
- دالة التحويل.
- معدل التعليم فى كل طبقة.
- أدوات الكشف والتحقيق.

والمواصفات المبنية على هذه القرارات يطلق عليها الشكل البيانى للشبكة ( Network's Paradigm ).

## ١٨ - ٣ بعض نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية

هناك عدة نماذج للشبكات العصبية الاصطناعية منها شبكة هوبفيلد وشبكة بولتزمان وسيتم شرح هذين النموذجين في الجزء التالي.

### ١٨ - ٣ - ١ نموذج هوبفيلد ( J. Hopfield )

في عام ١٩٨٢ نشر جون هوبفيلد أستاذ الكيمياء والبيولوجيا بمعهد كاليفورنيا ورقة علمية كان لها أبعاد الأثر على الأوساط العلمية المهمة بالشبكات العصبية الاصطناعية. فقد بين هوبفيلد في ورقته تلك أن شبكات الترابط الذاتي ( Auto associative ) تتمتع بخاصيتين هامتين وهما :

- توجد لهذه الشبكات حالات إستقرار لابد وان تستقر فيها في نهاية المطاف وأيا كانت الحالات الابتدائية لها.
- يمكن بناء حالات الإستقرار تلك بتغيير أوزان الترابطات بين وحدات تلك الشبكات أو بتغيير عتبات إستقرارها.

وتتكون الشبكة القائمة على نموذج هوبفيلد من مجموعة من وحدات أو عناصر المعالجة الأولية ( الخلايا العصبية الاصطناعية ) التي تتميز بوضع إستثارة ( S ) ثنائى القيمة. حيث تكون قيمته ١ في حالة إنطلاق الوحدة ( Firing ) وصفر في حالة عدم إنطلاقها ( خمودها ). كما تتميز كل وحدة بعتبة إنطلاق ( ١ ). وتكون دالة الإستثارة لهذه الشبكة من :

★ قاعدة إستثارة لحساب المدخل الكلى  $X_i$  لكل وحدة

$$X_i = \sum S_j \cdot W_{ji}$$

حيث (  $S_j$  ) هو وضع إستثارة الوحدة ( i ) ( أو مخرجها )  
و (  $W_{ji}$  ) هو وزن الترابط بين الوحدتين ( i ) و ( j )

★ دالة الحد الفاصل كدالة إخراج



$$S_i = 1 \text{ if } X_i > t_i$$

$$S_i = 0 \text{ if } X_i < t_i$$

كما تتمتع ترابطات هذه الشبكة بخاصية التماثل ( Symmetric ) بمعنى أن شدة الترابط بين وحدتين ( i ) و ( j ) لا تتوقف على الاتجاه ، أى أن

$$W_{ij} = W_{ji}$$

ويعنى الوزن الموجب بين وحدتين أن كلا منهما تميل إلى استثارة الأخرى. بينما يعنى الوزن السالب بين وحدتين إتجاه الوحدة النشطة إلى إخماد الوحدة الأخرى ، أى أنه ترابط كابح.

والخاصية الرئيسية لهذه الشبكة والمميزة لها هى إفتراض وجود كمية تعبر عن حالة الشبكة ككل ( الحالة الجمعية ). وقد أطلق هوبفيلد على تلك الكمية إسم " طاقة الشبكة " ( U ). وتحسب تلك الكمية بدلالة كل من : أوضاع إستثارة الوحدات المكونة لها ( S<sub>i</sub> ) ، ( S<sub>j</sub> ) ، شدة الترابطات فيما بينها ( W<sub>ij</sub> ) ، عتبات إنطلاق كل وحدة ( t<sub>i</sub> ) ، وذلك طبقا للمعادلة التالية :

$$U = - \frac{1}{2} \sum_i \sum_j W_{ij} \cdot S_i \cdot S_j + \sum_i S_i \cdot t_i$$

ويتضح من هذه المعادلة أن الفرق فى الطاقة الكلية للشبكة فى حالة خمود الوحدة ( i ) وطاقتها فى حالة إنطلاق تلك الوحدة هو :

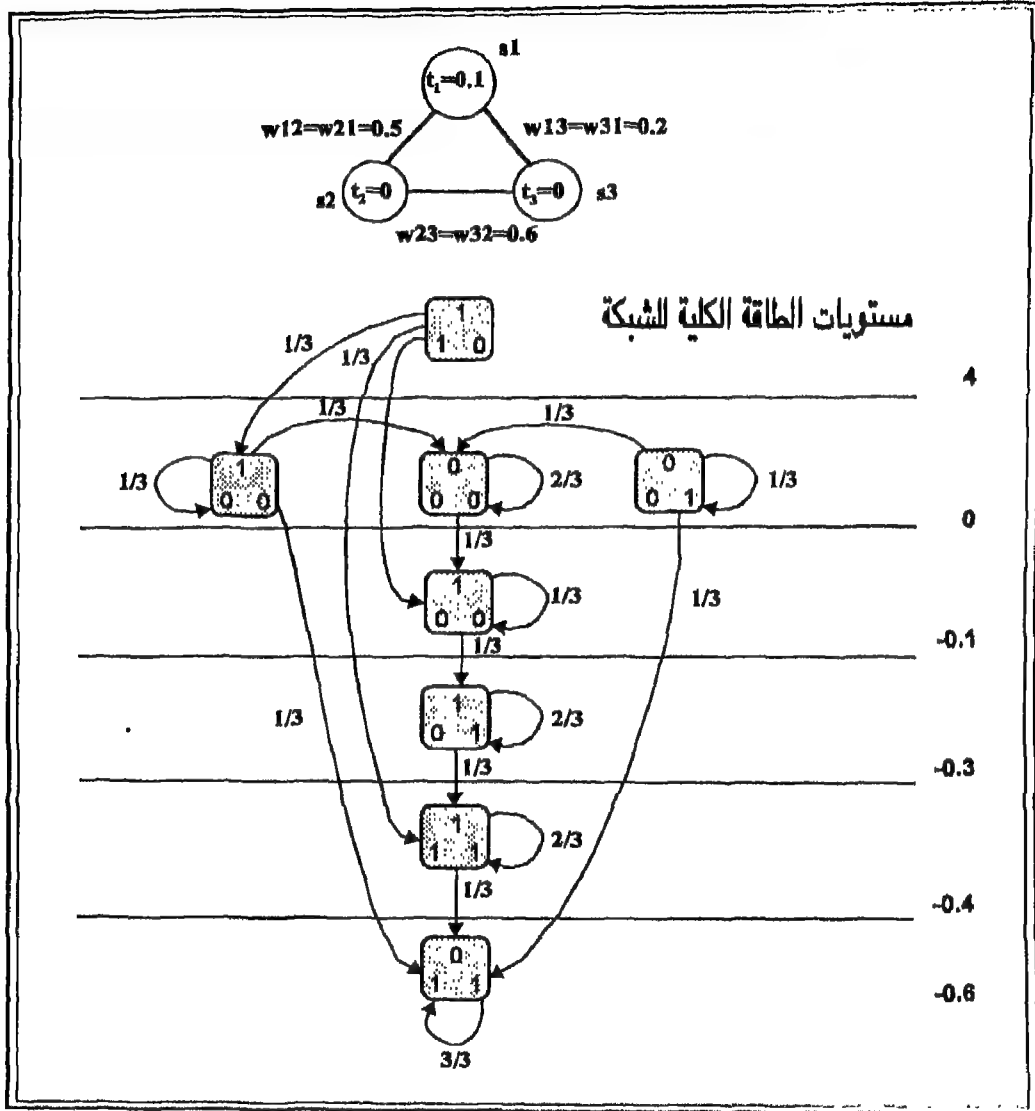
$$U_{i.off} - U_{i.on} = \Delta U_i = \sum_j S_j \cdot W_{ij}$$

وطبقا لما أثبته هوبفيلد فإن تلك الشبكات تسعى لبلوغ حالات الإستقرار التى تأخذ فيها طاقة الشبكة أدنى قيمتها. فإذا كان التغير فى طاقة الشبكة ( U<sub>i</sub> ) موجبا فإن الوحدة ( i ) سيتعين عليها الإنطلاق أو البقاء فى حالة الإنطلاق حتى تتبنى قيمة الطاقة الكلية للشبكة. أما إذا كان هذا الفرق سالبا فإن على الوحدة ( i ) أن تخمد أو تبقى فى حالة خمود.

ويوضح الشكل ( ٨ - ٤ ) نموذجا مبسطا لشبكة هوبفيلد تتكون من ثلاث وحدات أولية. كما يوضح إنتقالات ( State Transitions ) لها والناشئة من تغير وضع الإستثارة لكل وحدة من وحداتها واحتمالات حدوث تلك الإنتقالات. ويتضح أيضا من الشكل أن الشبكة تنتقل من حالة إلى

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

حالة أخرى لها نفس الطاقة أو طاقة أدنى. وفي نهاية المطاف تستقر على الحالة التي تكون طاقتها أدنى ما يمكن ( وهو ما يعرف ببثر الطاقة ). ويمكن تشبيه هذا الأمر بتدحرج جسم ما فوق منحدر إلى أن يسكن تماما عند أكثر الأماكن إنخفاضاً انظر شكل ( ٥ - ٨ ).



شكل ( ٥ - ٨ )

وتتمتع شبكة هوبفيلد بمجموعة من الخصائص الهامة مثل :

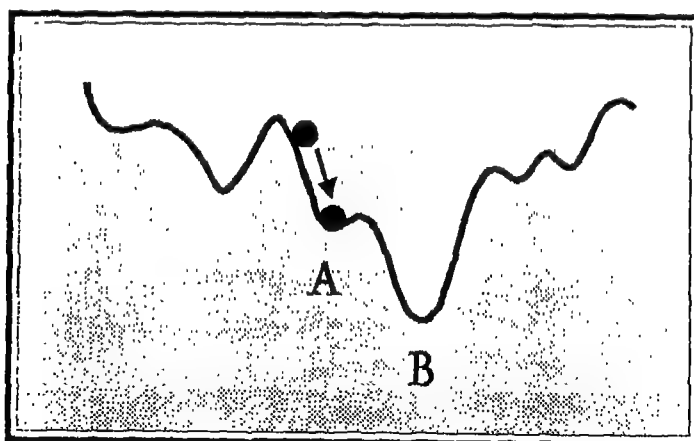
## تطوير وبناء الشبكات المصنوعة الاصطناعية

☐ التمثيل الموزع للمعلومات ، حيث يتم تمثيل المعرفة كنسق إستثارة لوحداتها. هذا بالإضافة إلى إمكانية تراكم المعارف المخترنة فوق بعضها البعض باستخدام أنساق مختلفة لنفس وحدات الشبكة.

☐ التحكم الموزع واللامتزامن ( Distributed Asynchronous Control ) ، حيث تتخذ كل وحدة قرارها بأن تنشط أو تخمد إنطلاقاً من ظروفها المحلية ( طبيعة ترابطاتها وأوضاع الوحدات المتصلة بها ). هذا بالإضافة إلى إسهام تلك الأنشطة المحلية في تقرير حالة الشبكة ككل.

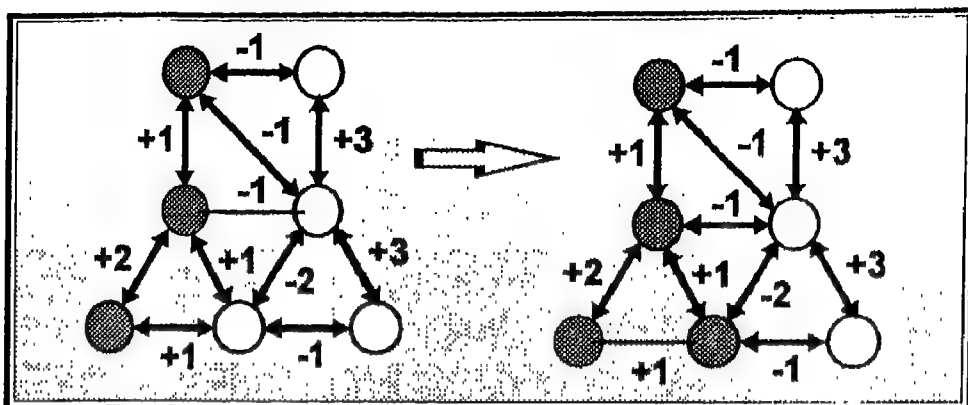
☐ الذاكرة المعنونة بالمحتوى ( Content-Addressable Memory ) ، حيث يمكن تخزين العديد من الأنساق على هيئة حالة إستقرار. ويمكن إسترجاع تلك الأنساق بتحديد جزء منها فقط للشبكة. ويتم هذا بتحديد أوضاع إستثارة لبعض وحدات الشبكة التي تمثل جزءاً من النسق المطلوب إسترجاعه لتقوم الشبكة بعد ذلك ، وبطريقة تلقائية ، بالبحث عن وضع الإستقرار الذي يمثل هذا النسق ، ويوضح الشكل ( ١٨ - ٦ ) مثالا لهذه الخاصية.

☐ تجاوز الهفوات ( Fault Tolerance ) ، حيث يمكن للشبكة أن تستمر في أداء مهامها بطريقة مقبولة إن فسد سلوك بعض وحداتها أو في حالة تدمير بعض هذه الوحدات.



شكل ( ١٨ - ٥ )

## تطوير وبناء الشبكات المعنوية الإصطناعية



شكل ( ٨ - ٦ )

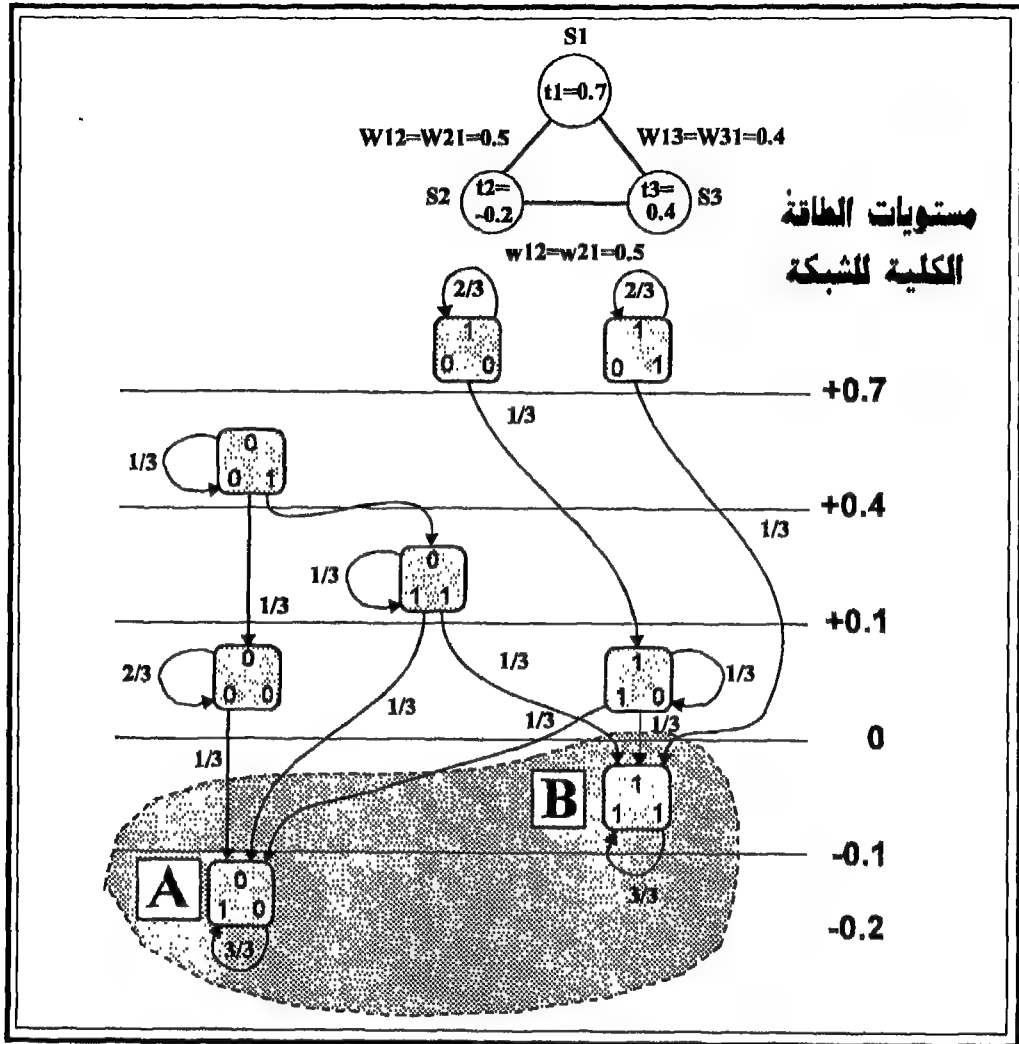
ويتم بناء الأوضاع المستقرة ( آبار الطاقة ) للشبكة إما بحساب أوزان الترابطات بين وحداتها وعتبات الإستثارة لتلك الوحدات التى تلنى الطاقة الكلية للشبكة إلى أقصى قيمة ممكنة ، أو بتدريب الشبكة على فعل ذلك بنفسها باستخدام إحدى قواعد التعلم المعرفة. فعلى سبيل المثال إذا طلب إنشاء حالتى إستقرار ( بئرى طاقة ) للشبكة الموضحة فى الشكل ( ٨ - ٧ ) وذلك عند الوضعين التاليين :

A - الوحدة ١ خامدة ، الوحدة ٢ نشطة ، الوحدة ٣ خامدة. أى الوضع ( 010 ).

B - الوحدة ١ نشطة ، الوحدة ٢ نشطة ، الوحدة ٣ نشطة. أى الوضع ( 111 ).

فإنه ينبغي مراعاة القيود التى يفرضها هذان الوضعان على كل من أوزان الترابطات وعلى عتبات تنشيط كل وحدة. هذا بالإضافة إلى ضرورة أن تحقق القيمة المحسوبة لكل من الأوزان والعتبات شروط الإستقرار التى يتطلبها كل من الوضعين ( A ، B ) وذلك فى نفس الوقت. ويمكن بعد إجراء بعض الحسابات البسيطة باستخدام المعادلات ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ التوصل إلى قيم كل من الأوزان والعتبات التى تحقق هذه الشروط وهى الموضحة فى الشكل ( ٨ - ٧ ). كما يوضح الشكل إنتقالات الحالة لتلك الشبكة.

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية



شكل (٧-٨)

ومن التطبيقات الهامة للشبكات العصبية المبنية على أساس نموذج هوبفيلد هو استخدامها في حل مشاكل الأمثلة ( Optimization ). وهي المشاكل التي تتعلق بإيجاد أفضل الحلول الممكنة لمسألة ما وذلك تحت شروط معينة. ومن أشهر تلك المشاكل وأصعبها حل مشكلة " البائع المتجول " ( Traveling Salesman ) التي يمكن صياغتها على الصورة التالية : يرغب بائع متجول في القيام بجولة مبيعات يزور فيها عددا معينا من المدن وذلك إنطلاقا من مدينة معينة وإنهاء بها ، بحيث لا يزور المدينة الواحدة أكثر من مرة. وهو يأمل في إيجاد ترتيب ( خط سير ) لزيارة هذه المدن يقلل من المسافة التي يقطعها إلى أقصى حد ممكن. وحل هذه

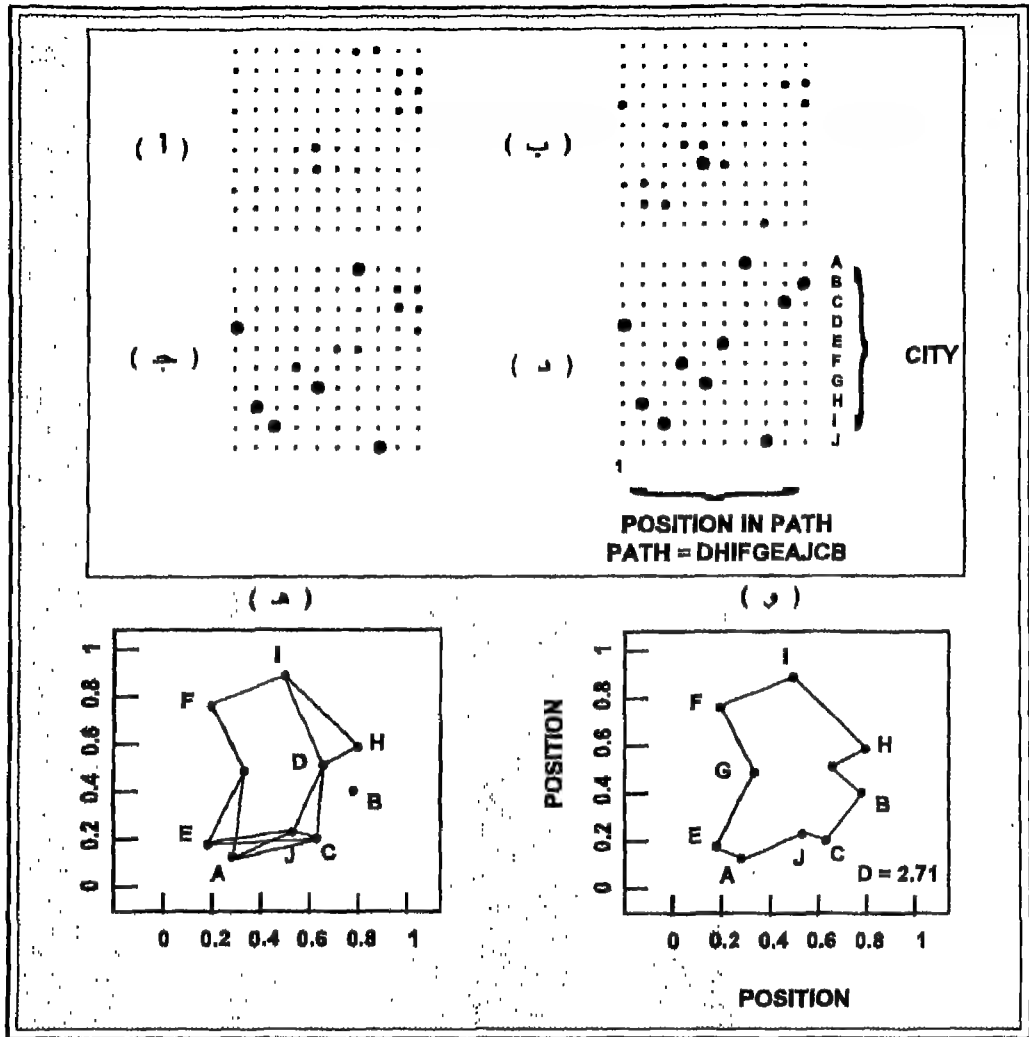
## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

المسألة ليس بالسهولة التي قد تبدو للوهلة الأولى. فإيجاد هذا الحل بالأسلوب التقليدي وباستخدام الحاسب العملاق ( CRAY 2 ) الذي يمكنه القيام بـ ٩١٠ عملية حسابية ومنطقية في الثانية الواحدة، يتطلب هذا الحل ٤ ميلي ثانية في حالة عشرة مدن و ٢١ دقيقة في حالة ١٥ مدينة و ٧٧ سنة في حالة ١٨ مدينة. أما إذا ارتفع عدد المدن إلى ٣٠ مدينة فإن الحل يمكن إيجاده في ٩ × ١٥ سنة... وقد أمكن بناء شبكة عصبية إصطناعية تجريبية مكونة من ١٠٠ خلية عصبية إصطناعية لحل هذه المشكلة في حالة عشر مدن. ويوضح الشكل ( ١٨ - ٨ ) كيفية تمثيل البيانات المتعلقة بهذه المشكلة بينما يوضح الشكل ( ١٨ - ٩ ) الحل الذي توصلت إليه الشبكة في زمن لم يتجاوز ١٠-٥ من الثانية.

ترتيب الزيارة	PO									
	CITY	1	2	3	4	5	6	7	8	9 10
A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
B	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
J	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
خط السير الموضح TOUR: G B J A D H C F I E										

شكل ( ١٨ - ٨ )

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية



حل مسألة "البائع المتجول الذي توصلت إليه شبكة هوبفيلد" حيث تمثل (أ ب - ج) أوضاع الإستقرار المرحلية للشبكة قبل إسترخائها في وضع الإستقرار النهائي و(د) تمثل الحل. وتمثل (هـ) خطوط السير المقابلة للأوضاع المرحلية بينما تمثل (و) خط السير النهائي.

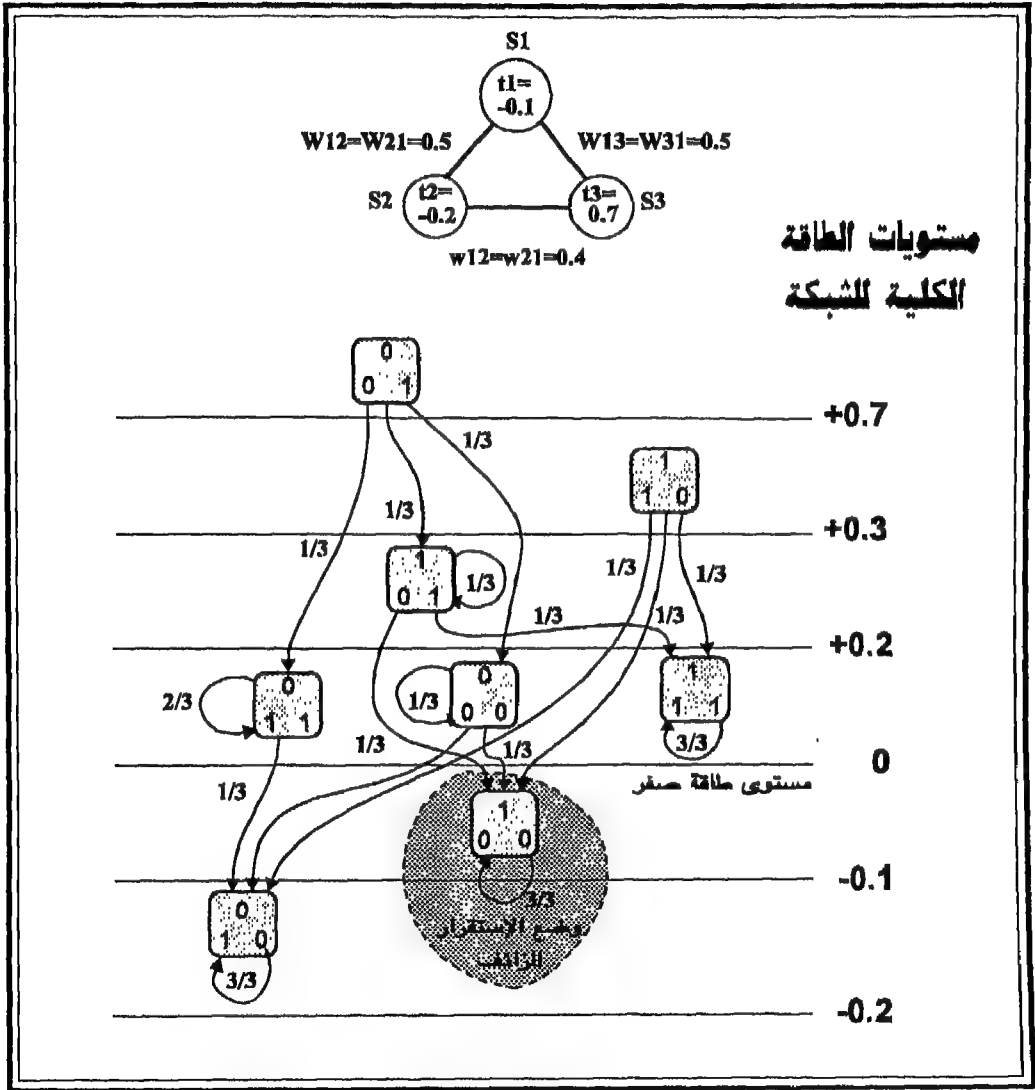
شكل (١٨ - ٩)

## ١٨ - ٣ - ٢ نموذج بولتزمان

على الرغم من النجاح الذي حققته الشبكات العصبية المبنية على أساس نموذج هوبفيلد في حل مشاكل معقدة مثل مشاكل الأمثلة وغيرها بطريقة فعالة، إلا أنها عانت من بعض أوجه

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

القصور التي حدثت من هذه الفعالية. ومن أبرز أوجه القصور تلك مشكلة أوضاع الإستقرار الزائفة ( False Wells ) التي تستقر الشبكة في أحدها على الرغم من كونها ليست واحدة من الأوضاع المرغوبة. فعلى سبيل المثال لو أعطيت بارامترات شبكة عصبية هوبفيلدية القيم التالية الموضحة بالشكل ( ١٨ - ١٠ )



شكل ( ١٨ - ١٠ )

مخطط لشبكة هوبفيلد يوضح وضع إستقرار زائف



$$W_{12} = -0.5, W_{13} = 0.5, W_{23} = 0.4$$

$$t_1 = -0.1, t_2 = -0.2, t_3 = 0.7$$

لوجدناها تسترخى إلى وضعى الإستقرار التاليين :

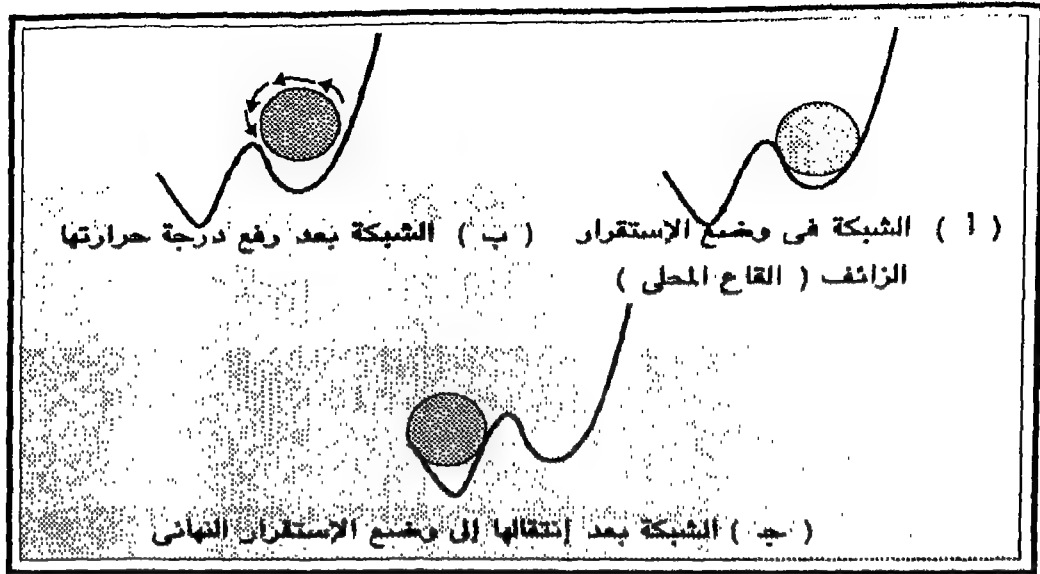
الوضع الأول A ( 010 ) وهو وضع مرغوب ومطلوب من الشبكة الإستقرار فيه.  
الوضع الثانى ( 100 ) وهو وضع ليس مرغوبا فيه ومن ثم يطلق عليه وضع الإستقرار الزائف.

وتستشرى هذه المشكلة بازدياد عدد وحدات المعالجة العصبية التى تكون الشبكة ويزداد احتمال استرخائها ( Relaxation ) فى وضع أو أكثر من أوضاع الإستقرار الزائفة التى تعرف أيضا بالـ " القيعان المحلية " ( Local Minima ) . ولحل هذه المشكلة استخدم هنتون وستوفسكى ( ١٩٨٦ ) ( G.Hinton & T. Sejnoweski ) مفهوم درجة الحرارة ( Temperature ) المقتبس من الفيزياء فى تخليص الشبكات العصبية الهوبفيلدية من أى قاع محلى ( أو وضع إستقرار زائف ) تكون قد استقرت فيه ودفعها للبحث عن الإستقرار فى قاع أخرى مرغوبة. ودرجة حرارة منظومة ما ( غاز على سبيل المثال ) ، وكما أوضح عالم الفيزياء النمساوى بولتزمان ( L. Boltzmann ) فى نهاية القرن التاسع عشر ، ليست إلا مؤشرا لمتوسط طاقة الحركة العشوائية لجزيئات هذه المنظومة. لذا يؤدى رفع درجة حرارة الشبكة إلى مدها بالطاقة الحركية اللازمة لتنتقل من وضع إستقرار محلى ( قاع محلى ) إلى وضع أكثر إستقرارا وذلك كما يتضح من الشكل ( ١٨ - ١١ ) . والسؤال الآن هو كيفية استخدام مفهوم درجة الحرارة فى معمار شبكة هوبفيلد ... ؟ . وقد أجاب هنتون ورفاقه على هذا السؤال باستخدام دالة عتبية جديدة بدلا من دالة الحاء، الفاصل التى تتميز بها وحدات المعالجة العصبية لشبكة هوبفيلد. وتأخذ هذه الدالة التى تعرف بدالة إحتمال الإنطلاق البولتزمانية ( Boltzmann Firing Probability Function ) الصورة التالية :

$$p(I) = \frac{1}{[1 + \exp(-A / T)]}$$

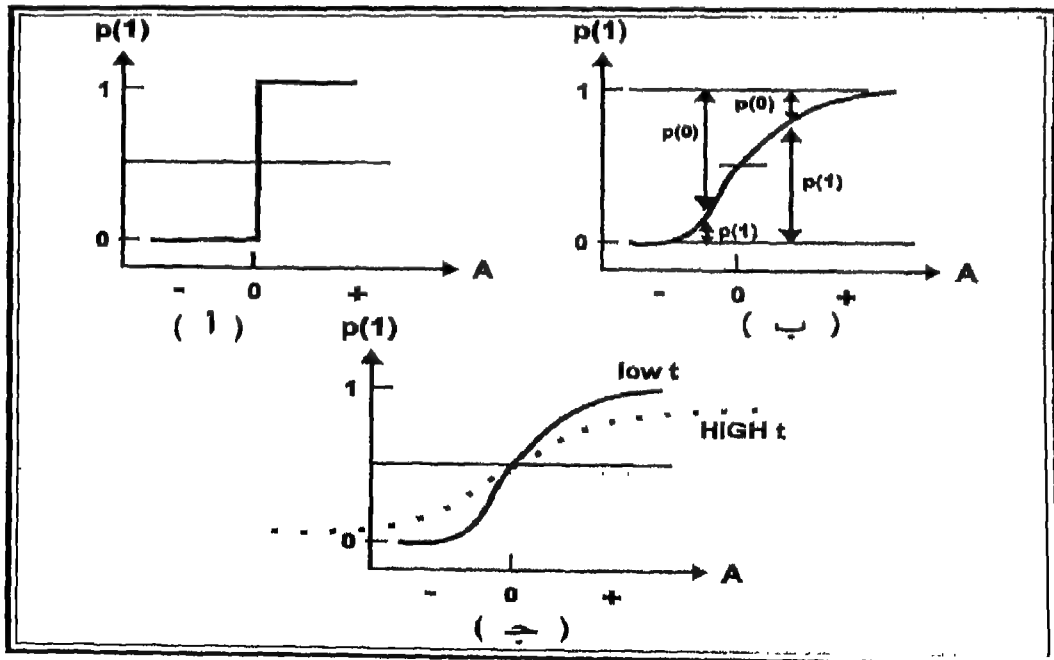
انظر الشكل ( ١٨ - ١٢ )

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية



شكل ( ١٨ - ١١ )

تشبيه ديناميكي لتأثير رفع درجة الحرارة على إنتقالات الحالة لشبكة هوبفيلد



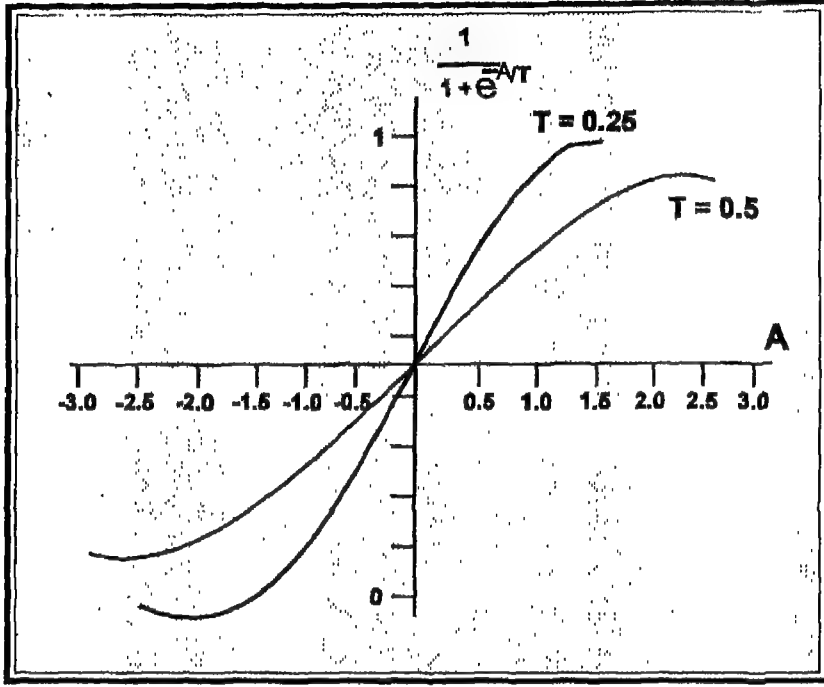
شكل ( ١٨ - ١٢ )

تأثير استخدام درجة الحرارة في الدالة العتبية لإنتلاق وحدة المعالجة العصبية.

( أ ) دالة الحد الفاصل التقليدية ( ب ، ج ) دالة احتمال الإنتلاق البولتزمانية.

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

وهي تعبر عن احتمال إنطلاق وحدة المعالجة العصبية التى طاقة إستثارتها هي  $A$  حيث  $T$  هي درجة حرارة الشبكة. ويوضح الشكل ( ١٨ - ١٣ ) سلوك هذه الدالة عند درجات حرارة مختلفة.



شكل ( ١٨ - ١٣ )

دالة احتمال الإنطلاق البولتزمانية عند درجات حرارة مختلفة

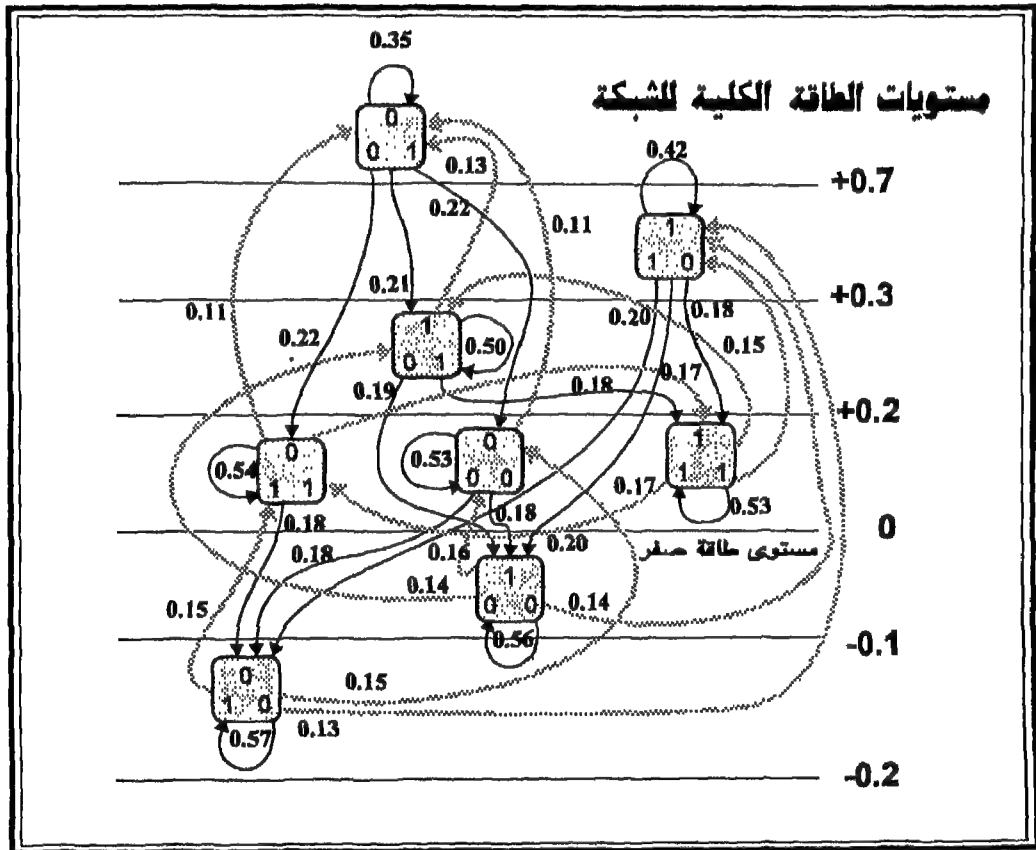
وقد تم استخدام هذه الدالة في دراسة إنتقال حالات شبكة هوبفيلد الموضحة في الشكل ( ١٨ - ١٠ ) وذلك عند درجة حرارة قدرها ١. ويوضح الشكل ( ١٨ - ١٤ ) هذه الإنتقالات واحتمالاتها. ومن الجدير ملاحظته مايلي :

□ يسمح استخدام درجة الحرارة في معمار الشبكات المبنية على أساس نموذج هوبفيلد بانتقالات حالة تقفز فيها الشبكة من وضع استقرار ذى طاقة منخفضة إلى وضع استقرار ذى طاقة مرتفعة. فعلى سبيل المثال يمكن للشبكة وهى في الوضع ( 010 ) ذى الطاقة المنخفضة (-0.2) أن تنتقل إلى أوضاع أخرى مرتفعة الطاقة مثل الوضع ( 000 ) والوضع ( 011 ) ذوى الطاقة صفر وذلك باحتمال قدره ( 0.15 ).

## تطوير وبناء الشبكات المعببة الإسطنائية

☐ يزداد احتمال انتقال الشبكة إلى أوضاع ذات طاقة أقل بازدياد فرق الطاقة بين الوضعين الحالي واللاحق.

☐ يقل احتمال قفز الشبكة إلى أوضاع ذات طاقة أعلى بازدياد فرق الطاقة بين الوضعين الحالي واللاحق.



مخطط إنتقالات الحالة لشبكة بولتزمان ( شبكة هوبفيلد الموضحة في الشكل ( ٨ - ٧ )  
عند درجة حرارة ١). وتوضح الأسهم العريضة إنتقالات الحالة الناشئة من  
تسخين الشبكة والأرقام الموجودة على الأسهم هي احتمالات الإنتقالات.

شكل ( ١٨ - ١٤ )

## ١٨ - ٤ برمجة الشبكات العصبية

تتم عملية برمجة الشبكات العصبية الاصطناعية إما باستخدام لغة برمجة مثل لغة (C) أو باستخدام أداة (Tool) مثل الجداول الإلكترونية (Spread Sheets) أو بالإنشيين معا. والجزء الأكبر من عملية البرمجة يتناول خوارزميات التدريب ودوال الإنتقال أو التحويل (Transfer Functions) ودوال الجمع (Summation Functions). لذلك كان من الطبيعي إستخدام أدوات تطوير يمكن بواسطتها برمجة هذه العملية الحسابية القياسية. وبرمجة الشبكات العصبية ليست عملية بسيطة حتى باستخدام أدوات التطوير وخاصة عند الحاجة لبرمجة شكل قاعدة البيانات حتى تقوم بتجزئة البيانات إلى فئة تدريب وفئة اختبار ونقل البيانات إلى الملفات المناسبة لعملية الإدخال للشبكة. ومعظم أدوات التطوير يمكنها مساندة العديد من الأشكال البنائية للشبكات (Paradigms) وتعتمد معظم هذه الأدوات على الجداول الإلكترونية. وبعضها مصمم للعمل مع النظم الخبيزة (ES).

## ١٨ - ٥ المكونات المادية للشبكات العصبية

معظم التطبيقات الحالية للشبكات العصبية الاصطناعية تشتمل على المحاكاة بالبرمجيات (Software Simulation) والتي يمكن تشغيلها على المعالجات المتتابعةية (Sequential Processors) المعتادة. ومحاكاة شبكة عصبية يعنى رياضيا تحديد العقد (Nodes) والأوزان الخاصة بها، لذلك بدلا من استخدام وحدة معالجة مركزية (CPU) واحدة لكل خلية عصبية تستخدم وحدة المعالجة المركزية لكل الخلايا وهذه المحاكاة ربما تأخذ وقت معالجة أطول.

وقد أسهم التقدم التقنى فى تصنيع المكونات المادية (Hardware) فى تحسين أداء نظم الشبكات العصبية المستقبلية والتي سوف تستخدم المعالجة المتوازية الكبيرة (Massively Parallel Processing) كذلك ساهمت هذه التقنيات فى تلبية إحتياجات الشبكة من زيادة سعة الذاكرة وسرعة معالجة عالية وبالتالي وقت تدريب أقل للشبكات الكبيرة. ويقوم كل عنصر معالجة بحساب مخرجات العقد (Nodes) عن طريق الأوزان والإشارات الداخلة من معالجات أخرى. ولإنقاص حجم العمليات للشبكة العصبية الاصطناعية والتي قد تعادل مئات الآلاف من عمليات التشغيل باستخدام الحاسبات العادية يمكن استخدام واحدة من الطرق الآتية :

## ١ - الآلات السريعة ( Fast Machines )

على سبيل المثال الآلات التي تستخدم المعالج ( 80486 ) يساندها معالج حسابي مساعد ( Math Coprocessor ) يساعد في زيادة سرعة العمليات الحسابية بمعدل من ( ٢ ) إلى ( ١٠ ) مرات قدر السرعة العادية.

## ٢ - الشريحة العصبية ( Neural Chip )

معظم الشرائح الخاصة الموجودة حالياً يمكنها القيام بالعمليات الحاسوبية بسرعة عالية جداً ولكن لا يمكن استخدامها لتدريب الشبكة. لذلك كان من الضروري تجهيز الشريحة قبل استخدامها. وفكرة الشريحة تقوم على تنفيذ تراكيب بيانات الشبكة العصبية على شريحة تناظرية ( Analog ) أو رقمية ( Digital ) أو ضوئية ( Optical ) ومعظم هذه الشرائح مازال في مرحلة التطوير.

## ٣ - الألواح المعجلة ( Acceleration Boards )

هي عبارة عن معالجات منفصلة يمكن إضافتها للحاسبات العادية وهي تشبه المعالج الحسابي المساعد ( Math Coprocessor ) ولكنها مصممة للشبكات العصبية وسريعة جداً. على سبيل المثال تصل سرعة هذا المعالج من ( ١٠ ) إلى ( ١٠٠٠ ) مرة قدر سرعة معالج الحاسب ( 80386, 20 MHZ ). وتعتبر الألواح المعجلة من أفضل أساليب زيادة سرعة الحاسبات وبالتالي إنقاص وزنها. ومن أمثلتها

( Balboa / 260 Boards, Brain Maker Accelerator Board )

## ١٨ - ٦ فوائد الشبكات العصبية

تعتبر تقنية الشبكات العصبية من الفوائد الحقيقية والإضافات الهامة في عالم الحاسبات. وذلك لقدرتها على التعرف على الأشكال ( Pattern Recognition ) والتعلم ( Learning ) والتصنيف ( Classification ) والتعميم ( Generalization ) والإختصار ( Abstraction ) ومعالجة المدخلات المنقوصة ( Incomplete Inputs ) والمشوشة ( Noisy ).

ومن المعروف أن النظم القادرة على التعلم تكون أكثر طبيعية في اتصالها بالعالم الحقيقي عن النظم التي تحتاج إلى برمجة كذلك الحاجة الملحة إلى سرعة الحاسبات العالية في بعض التطبيقات أدت إلى استعمال المعالجات المتوازية التي توفرها الشبكات العصبية.

والشبكات العصبية لها القدرة على محاكاة أسلوب الإنسان فى حل المشاكل والذى يصعب محاكاته باستعمال الطرق المنطقية ( Logical ) أو التحليلية ( Analytical ) فى النظم الخبيرة ( ES ) أو فى طرق البرمجيات القياسية. وتظهر أهمية الشبكات العصبية فى التطبيقات المالية ( Financial Applications ) وهى مثال للتطبيقات التى تكون فيها البيانات متعددة المتغيرات ( Multi Variable ) وعلى درجة عالية من الاعتمادية ( Interdependence ) بين صفاتها المميزة. وقد تكون المعلومات مشوشة ( Noisy ) أو تحتاج فرضيات كثيرة وسرعة حسابات عالية.

كذلك يمكن ربط الحسابات العصبية بالبرمجيات التقليدية للحصول على نظام مختلط ( Hybrid ) أكثر قوة. هذه النظم المتكاملة يمكن أن تحتوى على قواعد بيانات، نظم خبيرة، شبكات عصبية وتقنيات أخرى للحصول على حلول مبنية على الحاسب للمشاكل المعقدة التى لا يمكن حلها بالطرق العادية. وتستخدم هذه النظم المتكاملة ( Integrated Systems ) فى محاكاة عملية اتخاذ القرار عند الإنسان حتى فى ظروف عدم الثقة ( Uncertainty ) أو نقص المعلومات أو تداخل المعلومات أو وجود أخطاء فى المعلومات.

## ١٨ - ٧ القيود على الشبكات العصبية

التطبيقات الحالية للشبكات العصبية الاصطناعية مقيدة بالحالة الراهنة للأبحاث وماوصلت إليه عمليات التطوير. وتشترك معظم الشبكات العصبية فى النقص فى إمكانيات التفسير ( Explanation ). كما أن تحقيق النتائج ( Justification ) من الصعب الحصول عليه لأن أوزان الربط ( Connection Weights ) ليس لها عادة توصيف واضح. ويتضح ذلك عمليا فى التعرف على الأشكال لأن من الصعوبة بل من المستحيل شرح المنطق وراء قرار معين.

هذه القيود بالإضافة إلى ارتفاع تكلفة تقنيات المكونات المادية الحالية والخاصة بالمعالجة المتوازية تجعل معظم تطبيقات الشبكة العصبية محصورة فى المحاكاة بالبرمجيات. ولكن هناك إستمرارية فى البحث والتطوير للحصول على خوارزميات للتعليم أفضل من الموجودة حاليا ومعماريات جديدة للنظام ومنهجيات للتطوير.

ومازالت عملية تمثيل المدخلات فى أفضل صورة واختيار معمارية الشبكة من العمليات التى تخضع للمحاولة والخطأ ( Trial and Error ). وأخيرا تحتاج العمليات التى تجرى بالحساب العصبى إلى كمية كبيرة من البيانات بالإضافة إلى طول الوقت اللازم للتدريب ومعظم هذه الصعوبات مازال خاضعة للمزيد من عمليات البحث والتطوير.

## ١٨ - ٨ الشبكات العصبية والنظم الخبيرة

عندما ظهرت الشبكات العصبية حديثا وصفت بأنها من الجيل السادس للحاسبات وأعطى هذا الوصف الإنطباع بأن هذه الشبكات سوف تحل محل النظم الخبيرة ( ES ) باعتبارها من العلامات المميزة للجيل الخامس. وبالرغم من مقدرة بعض الشبكات العصبية الاصطناعية على إنجاز مهام معينة بطريقة أفضل وأسرع من النظم الخبيرة فكلاهما ليس في مجال منافسة بل أنهما يكملان بعضهما البعض في بعض المجالات.

وتمثل النظم الخبيرة الطريقة المرمزة ( Symbolic ) المنطقية بينما تستخدم الشبكات العصبية الطرق الرقمية ( Numeric ) والمعالجة الترابطية ( Associative ) لمحاكاة نماذج من النظم الطبيعية والجدول الآتي يلخص الخصائص الرئيسية لكل من الطريقتين :

الصفة	النظم الخبيرة ( ES )	الشبكات العصبية ( ANN )
الطريقة	مرمزة	رقمية
الاستنتاج	منطقي	ترابطي
التشغيل	آلي	شبه طبيعي
التفسير	متاح	غير متاح
المعالجة	متتابعة	متوازية
النظام	مقفول	منظم ذاتيا
التحقق	بطيء وصعب	سريع
أداة التشغيل	المعلومات	البيانات
الصيانة	صعبة	سهلة

جدول ( ١٨ - ١ ) الصفات الرئيسية للنظم الخبيرة والشبكات الاصطناعية

تقوم النظم الخبيرة بإجراء عمليات الاستنتاج المنطقي ( Reasoning ) باستخدام قواعد مستقرة لنطاق ضيق ( Narrow Domain ) ومعرف جيدا ( Well - Defined ) . وتناسب النظم الخبيرة تطبيقات النظم المغلقة ( Closed - Systems ) حيث تكون المدخلات دقيقة وصحيحة ومحددة ( Precise ) وتؤدي إلى مخرجات منطقية. كذلك فإن هذه النظم مفيدة للتعامل مع المستخدم لتحديد مشكلة معينة واستخراج حقائق متعلقة بالمشكلة المطلوب



## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

حالتها. وعملية الإنتاج المنطقي في النظم الخبيرة تتم باستخدام حقائق ثابتة وقواعد مستقرة.

وتناسب النظم الخبيرة التطبيقات المستقرة ( Stable ) والتي لها قواعد محددة. ومعظم البرمجيات الخاصة بتطوير النظم الخبيرة تحتوي على تفسيرات لمساعدة المستخدم في الإجابة على الأسئلة التي تطرحها هذه البرمجيات وشرح طرق الإنتاج المنطقي المتبعة. أما في الشبكات العصبية الاصطناعية فتمثل المعرفة بأوزان عديدة لذلك فإن القوانين وعملية الإنتاج ليس لها تفسير جاهز لذلك يفضل استعمال هذه الشبكات في حالات عدم معرفة القوانين نتيجة قصور التطبيق أو عدم إتاحة الخبرة الإنسانية.

وفي حالة وجود بيانات التدريب يمكن للشبكة تعلم معلومات كافية لتوظيفها بنفس طريقة النظم الخبيرة أو أفضل منها مما يساعد في عملية الصيانة ويسهلها. وعمليات التعديل ( Modification ) من حذف وإضافة وتحديث تتم في الشبكات بإعادة التدريب باستخدام بيانات حديثة مما يساعد في تجنب التغيير في البرمجة وقيود القوانين التي تعرفها النظم الخبيرة عند عملية التعديل.

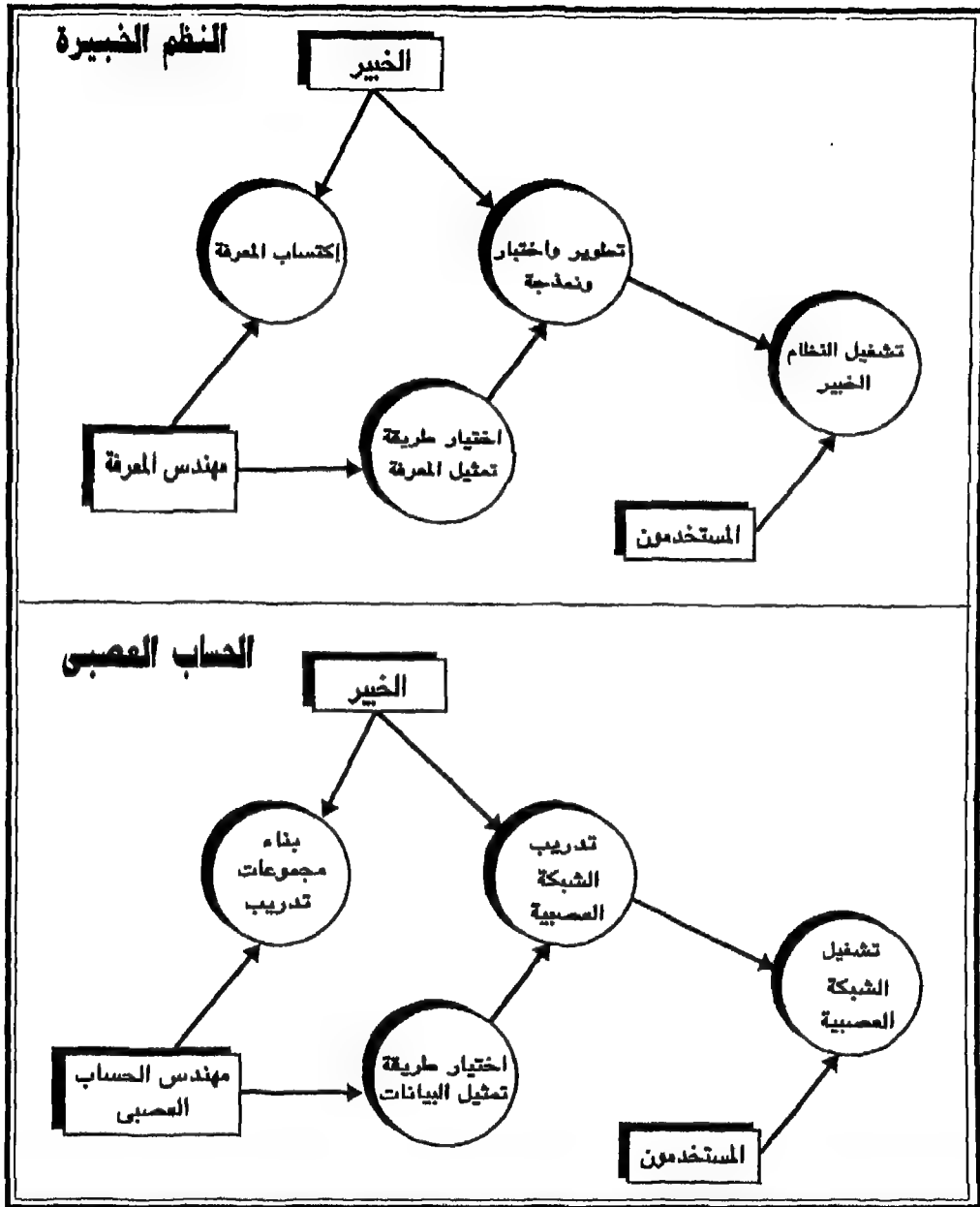
أما خاصية معالجة البيانات في الشبكات ، وليس المعرفة كما في النظم الخبيرة ، فهي تسمح بضبط أي تغييرات في البيئة المحيطة ( Environment ) والأحداث ( Events ) بعكس النظم الخبيرة التي تسمح بضبط أي تغييرات في حالة تغيير المعرفة فقط. ومن خصائص الشبكات العصبية السرعة العالية والمعالجة المتوازية والألواح العصبية.

والشكل ( ١٨ - ١٥ ) يوضح تطوير النظم الخبيرة والشبكات العصبية ودور الخبير في الحالتين. ويلاحظ من الشكل أن مهندس المعرفة ( Knowledge Engineer ) ومهندس الحساب العصبي ( Neurocomputing Engineer ) كلاهما مسئول عن تمثيل حجم المعرفة إما بقواعد وحقائق أو كيانات. وفي الحالتين يجب أخذ رأي الخبراء ( Experts ) في الاعتبار لضمان دقة قواعد البيانات.

## ١٨ - ٩ أمثلة لبعض استخدامات الشبكات العصبية الاصطناعية

هناك تطبيقات عديدة للشبكات العصبية الاصطناعية منها تطبيقات في مجال إكتساب المعرفة ومعالجة اللغات الحية ورؤية الآلة والإنسان الآلى والتعرف على خط اليد ونظم مساندة القرار. وفي الأجزاء التالية يتم توضيح هذه التطبيقات.

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية



شكل ( ١٨ - ١٥ )

## ١ - الشبكات العصبية في مجال إكتساب المعرفة

كما سبق أن ذكرنا فإن قصور النظم الخبيرة يكمن في صعوبة إكتساب المعرفة لذلك ظهرت الحاجة إلى استعمال الشبكات العصبية الاصطناعية في إكتساب المعرفة المطلوبة للنظم الخبيرة. ويمكن لهذه الشبكات تنفيذ عملية إكتساب المعرفة آليا في الأحوال التي تتوفر فيها البيانات السابقة حيث تقوم الشبكة بتحليل هذه البيانات للتعرف على الأشكال والعلاقات التي قد تقود إلى قواعد خاصة بالنظم الخبيرة.

وتظهر إسهامات الشبكات العصبية في إكتساب المعرفة أيضا عند الإتصال (Interface) بنظام خبير وذلك باستخدام عملية جمع المعلومات من الخبير بكفاءة وموضوعية. عندئذ تستطيع شبكة مدربة معالجة المعلومات بسرعة لاستنتاج الحقائق المرتبطة وما يترتب على ذلك من نتائج. ويلى ذلك قيام وحدة النظم الخبيرة المستقلة ببعض التحليلات ثم تقديم تقرير بالنتائج.

## ٢ - الشبكات العصبية ومعالجة اللغات الحية

تلائم الشبكات العصبية تطبيقات التعرف على الكلام ( Speech ) وذلك بتخزين معلومات مدربة على أجزاء المحادثة ومقارنتها بسرعة بالأشكال الداخلة حيث تقوم الشبكة بالتعرف على مقاطع من الحديث وتقوم شبكة أخرى ببناء كلمات عن طريق دمج هذه المقاطع ثم يتولى جزء آخر توضيح الغموض ( Ambiguities ) بين الكلمات التي لها نفس النغمة.

ومن أهم خواص نظم معالجة اللغة التفرقة ( Discriminate ) بين معانى الكلمات بالإعتماد على أماكنها في النص ويمكن استخدام الشبكات العصبية لخلق ترابط بين الكلمات التي غالبا ماتستعمل معا وأثناء التشغيل تقوم الشبكة باختبار هذه الروابط ( Linkages ) لكلمات جملة محددة يتم تحليلها وتختار أفضل تفسير ( Interpretation ).

## ٤ - المعالجة الإشارية ورؤية الآلة والإنسان الآلى

كانت الآلات التي تستخدم المعالجة العصبية ( Autonomous Machines ) ولزمن طويل هدفا لأبحاث الذكاء الاصطناعى. وشملت عمليات التطوير مجالات عديدة منها معالجة وفهم بيانات الإستشعار ( Sensory Data ) ، التنسب بين الملاحظة بالرؤية

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

والحركات الميكانيكية ، الإحساس بمحتوى البيئة المحيطة ، القدرة على التأقلم ، التألؤم مع المتغيرات فى البيئة. وبالرغم من استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية لتحسين الرؤية بالآلة والنتائج الجيدة التى تم الحصول عليها فمازالت هذه العملية صعبة.

أما بالنسبة لتعليم الإنسان الآلى ( Robotics Learning ) ومجالاته المختلفة ، مثل معالجة الأخطاء ( Error Recovery ) ، فمازالت الأبحاث والمحاولات فى مرحلة الإختبار والتجربة وقد حققت هذه الإختبارات نتائج مشجعة ومبشرة.

وفى مجال تحكم الإنسان الآلى ( Robot Control ) هناك أبحاث متعددة تحت الدراسة المكثفة مثل تخطيط المسار ( Trajectory Planning ) والتحكم غير الخطى ( Nonlinear Control ) للمحركات والتروس وكذلك تم تطوير نظام لاكتشاف العوائق ( Obstacle Detection ) وللاستجابة المتوائمة ( Adaptive Response ) والتوافق بين حركة أذرع الإنسان الآلى والمدخلات عن طريق الكاميرا. وفى الجزء الخاص بالرؤية ( Vision Component ) للإنسان الآلى أو النظم الأخرى يمكن للشبكة العصبية استخدام الذاكرة الترابطية ( Associative Memory ) لترجمة البيانات المرئية المحللة ( Digital Visual Data ) للأشياء ثم اختيار الصورة التى تقابلها من الذاكرة.

### ٥ - التعرف على خط اليد ( Handwriting Recognition )

التعرف على خط اليد من التطبيقات الهامة جدا فمثلا التعرف الآلى على الأمضاء على الشيك والوثائق الهامة يوفر الخسارة الناتجة عن عمليات التزوير. كذلك قراءة الإستمارات المكتوبة بخط اليد توفر الكثير من الوقت والجهد اللازم لإتمام ذلك يدويا وخاصة فى حالة الأعداد الكبيرة جدا من الإستمارات ونفس النتيجة فى حالة النظام البريدى. فمراءة العناوين آليا على الخطابات يقلل من الأخطاء ويوفر الوقت والجهد.

وقد أسهمت الشبكات العصبية فى مجال التعرف على خط اليد وزادت من نطاق الحروف التى يمكن التعرف عليها ومنها الحروف الصينية. وبعض نظم هذه الشبكات يقرأ مباشرة الكلمات من الوثائق الورقية مما يوفر الوقت اللازم لإعادة إدخال البيانات ويقلل من الخطأ المحتمل أثناء ذلك. وهناك نظم أخرى تستخدم القلم المضىء ( Light Pen ) أو لوحة حساسة وشكلا محددا للمدخلات.

## ٦ - نظم مساندة القرار ( Decision Support Systems )

مهمة نظم مساندة القرار هي تقديم المساعدة باستخدام الحاسب وخاصة في مستويات الإدارة المتوسطة والعالية. ويشمل نطاق تطبيق هذه النظم الحالات شبه المركبة ( Simistructured ) وغير المركبة ( Unstructured ) والتي تحتوى على نظم ديناميكية ونظم مفتوحة ( Open Systems ) بها قدر من عدم الثقة ( Uncertainty ) والمخاطرة ( Risk ). وقد ساهمت النظم الخبيرة بالتعاون مع نظم مساندة القرار التقليدية في الإمداد ببعض الأدوات الشخصية ( Personal Tools ) التي لها القدرة على التلاؤم ( Adaptable ) تبعاً لاحتياجات متخذى القرارات. ويمكن للشبكات العصبية الاصطناعية أن تضيف إمكانيات عديدة في هذا المجال غير موجودة في النظم الأخرى منها القدرة على التلاؤم مع الظروف الجديدة والقدرة على الإستنتاج المنطقي بالإعتماد على الخبرة السابقة والإستنباط من الحقائق للتعرف على الظروف المشابهة وبالتالي تقل الحاجة إلى تقديم مجموعة كاملة من الحلول للحالات المشابهة لتلك التي يمكن أن يواجهها المدير.

والنموذج الأساسي لسلوك متخذى القرار يمر بثلاثة مراحل : المرحلة الأولى هي المرحلة الذكية التي تشمل تجميع المعلومات وبناء التراكيب اللازمة لتعريف المشكلة ويلى ذلك مرحلة حل المشكلة حيث يتم تصميم الحلول البديلة ووضع معايير الإختبار ( Testing ) وتقييم أداء هذه البدائل باختيار أحسنها أو أفضلها. واستخدام الشبكات العصبية يفيد كثيراً في المرحلة الأولى وخصوصاً في حالة معالجة بيانات كثيرة وأيضاً في المرحلة الثانية حيث يمكن حساب الحلول المطروحة بمطابقة النتائج بمعايير الحل وأخيراً في مرحلة الإختيار حيث تقوم الشبكة بتحليل الحالات السابقة حتى تكون مرشدة لاختيار أحسن البدائل. ومن أمثلة بعض التطبيقات مجال التحليل المالى حيث تقوم الشبكة بنقل المعلومات من قواعد البيانات الرئيسية للبحث عن أنماط وسلوكيات وتفيد النتائج في إتخاذ القرارات الإستثمارية. كذلك يمكن استخدام الشبكات العصبية في بناء النماذج في علوم الإحصاء وبحوث العمليات للمساعدة في إيجاد الحلول المثلى التي يصعب حلها باستخدام النماذج القياسية.

## ١٨ - ١٠ تكامل الشبكات العصبية والنظم الخبيرة

هناك طريقتان لاستخدام النظم الخبيرة مع الشبكات العصبية هما : النظم المضمنة ( Embedded ) والنظم الموزعة ( Distributed ). وفي النظم المضمنة يكون النظام الخبير والشبكة أجزاء من النظام مرتبطة ارتباطاً محكماً.

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

فمثلا يمكن أن تمثل الشبكة العصبية قاعدة معرفة للنظام الخبير وتتواجد هذه الأجزاء كأوزان إتصال ( Connection Weights ) ويمكن تصميم النظام بحيث تمثل الأوزان كأفرع ( Branches ) فى قاعدة المعرفة حتى يمكن شرح خط الإستنتاج المنطقى. ويمكن للذاكرة الترابطية ( Associative Memory ) فى الشبكة العصبية أن تخزن العلاقات بين اشكال المدخلات والإستنتاجات المقابلة لها. ومن أمثلة النظم الممثلة نظام ( Diety ) وهو نظام خبير يستخدم شبكة عصبية لكشف أعطال المحركات النفاثة والصواريخ.

أما النظام الموزع الذكى ( Distributed Intelligent System ) فيستخدم طريقة مباشرة وهى الربط غير المحكم ( Loose Coupling ) بين النظم الخبيرة والشبكات العصبية وفى بعض الأحيان قواعد البيانات بحيث تقوم النظم الفرعية ( Subsystems ) المختلفة بوظائفها بطريقة مستقلة ( Independently ). وتستطيع هذه النظم الإتصال ببعضها عبر خطوط الإتصال أى بنقل البيانات ( Data Transfer ). كذلك يمكن ربط أجزاء الشبكة العصبية بالبرمجيات الأخرى لتنفيذ وظائف خاصة أو برامج فرعية ( Subroutines ) للنظام. وهكذا يمكن للنظم الموزعة نقل المعلومات عن طريق نقل الملفات أو بواسطة الذاكرة الداخلية وتراكيب البيانات الخاصة بالنظام.

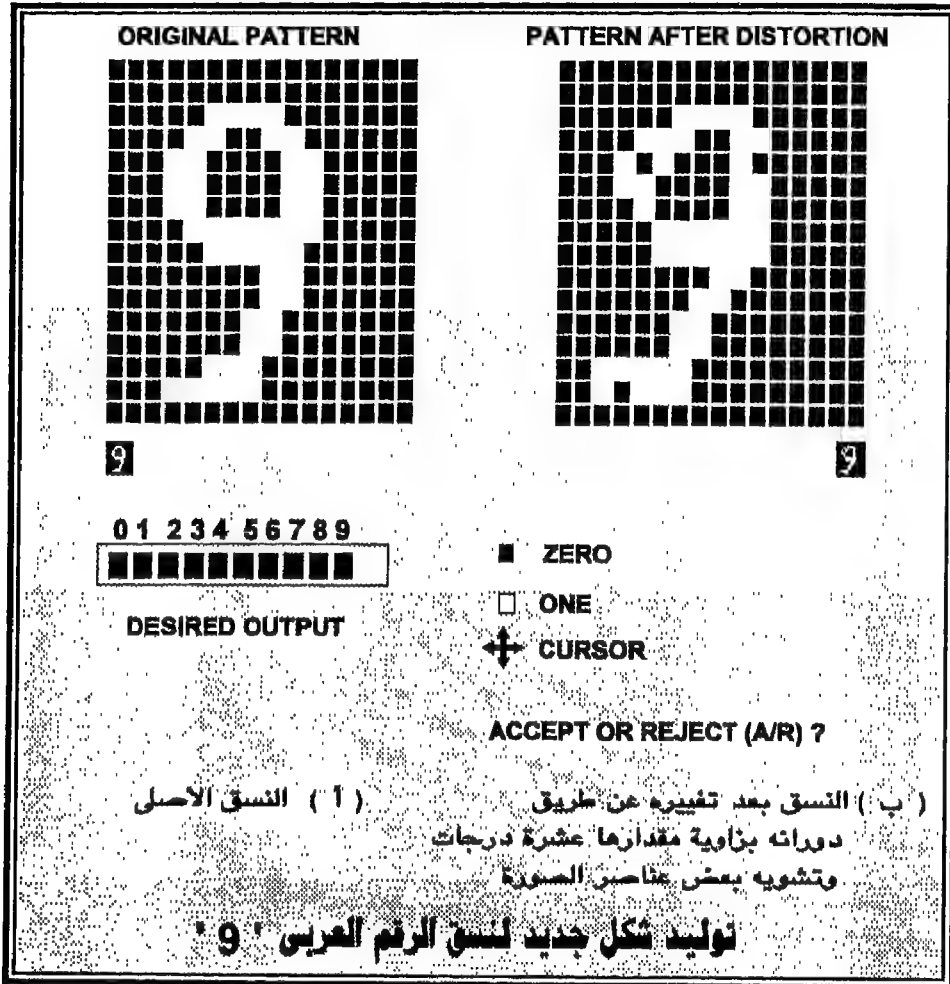
ويمكن أن يشتمل النظام الموزع على نظام ما قبل المعالجة ( Pre-Processing ) ومابعد المعالجة ( Post - Processing ) مع برمجيات نظام قياسى ( Standard ) أو نظام خبير ( ES ) للإتصال بأجزاء الشبكة العصبية.

## ١٨ - ١١ كيف تبني شبكة عصبية إصطناعية ؟

فى هذا الجزء سوف نقدم للقارئ مثلا لتجربة عملية قمنا خلالها بمحاكاة (Simulation) شبكة عصبية متعددة الطبقات ذات تغذية أمامية ( Multilayer Feedforward Network ) فى حل مسألة تثير اهتمامنا وهى مسألة التعرف على الأنساق ( Pattern Recognition ) ممثلة فى صور رقمية ( Binary (Digitized) Images ) لأشكال الأرقام العربية ( ٠,١,٢,٣,٤,٥,٦,٧,٨,٩ ). وقد استخدمنا الحاسب الشخصى ( Personal Computer ) فى توليد نسخ متباينة لأشكال هذه الأرقام عن طريق إجراء بعض التغييرات فى أنساقها الأساسية ( Basic Patterns ) أنظر الشكل ( ١٨ - ١٦ ). كما استخدمنا الحاسب الشخصى أيضا فى تعليم الشبكة متعددة الطبقات كيفية التعرف على هذه الأنساق باستخدام خوارزمية الإنتشار المرتد ( Back Propagation Algorithm ) وقد تم تنفيذ الخوارزمية كبرنامج بلغة ( PASCAL ) وهى إحدى لغات المستوى العالى ( High Level Languages ) التى تبنتها الأوساط الأكاديمية فى العالم لما لها من خصائص تسمح بكتابة برامج تركيبية ( Structured Programs ) يسهل معها حل المسائل المعقدة عن طريق التعرف على ماتشتمل

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

عليه من مسائل فرعية يؤدي حلها إلى حل المسألة الأصلية. ولاتتوقف هذه الإمكانية في تجزئة المسألة عند مستوى معين بل يمكن دائما للمبرمج أن يلجأ إلى هذه الحيلة كلما دعت إليها الضرورة. والأجزاء التالية توضح هذا البرنامج

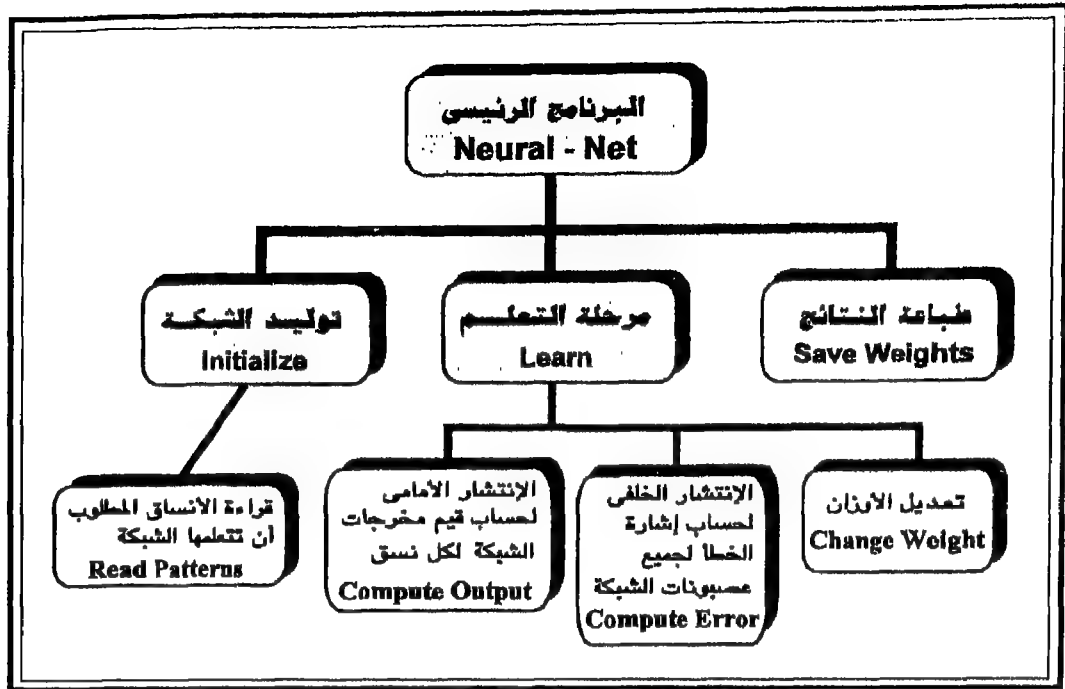


شكل ( ١٦ - ١٨ )

## ١٨ - ١١ - ١ الميكال التنظيمي للبرنامج

يمكن للقارئ - كخطوة أولى - أن يتصور أن برنامجنا - والذي سنطلق عليه اسم ( Neural Net ) - يشتمل على ثلاثة مسائل فرعية كما يتضح بالشكل ( ١٧ - ١٨ )

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية



شكل ( ١٨ - ١٧ ) الهيكل التنظيمي للمبرنامج ( Neural - Net )

☐ المسألة الأولى : تشمل على تعريف الشبكة التى ستستخدم لحل المسألة والأنماط المطلوب تعلمها وسنطلق عليها مرحلة الإعداد ( Initialization ).

☐ المسألة الثانية : تشمل على عرض الأنماط - التى تم إعدادها فى المرحلة الأولى بحيث تصاحب بيانات كل نسق القيمة الصحيحة للمخرجات - على الشبكة بغرض تعليمها العلاقة الصحيحة بين مدخلاتها ومخرجاتها ، وسنطلق على هذه المرحلة مرحلة التعلم ( Learning ).

☐ المسألة الثالثة : تشمل على طباعة / تخزين النتائج الخاصة بقيم الأوزان ( Weights ) التى تعبر عن شدة الربط بين عصبونات الشبكة بعد الإنتهاء من مرحلة التعلم. وسنطلق على هذه المرحلة مرحلة تخزين الأوزان ( Weights Saving ).

ويمكننا الآن التركيز على كل مسألة من المسائل السابقة بحيث نتعرف على تفاصيل كل منها بوضوح أكثر.



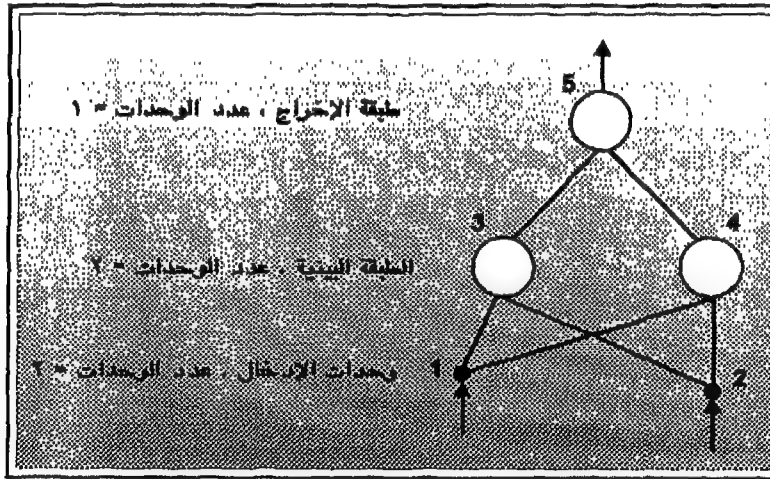
## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

### مرحلة الإعداد :

- أولا : توليد الشبكة - وفيها يتم سؤال مستخدم البرنامج عن الكميات الآتية ( كل فى سطر على حدة ).

- عدد وحدات الإدخال
- عدد وحدات الطبقة الخفية
- عدد وحدات طبقة الإخراج

فعلى سبيل المثال إذا أراد المستخدم حل مسألة الفصل المانع بواسطة الشبكة العصبية بالشكل ( ١٨ - ١٨ ) فإنه يدخل القيم ٢ ثم ٢ ثم ١ على الترتيب بالنسبة للأسئلة السابقة.



شكل ( ١٨ - ١٨ )

استخدام شبكة متعددة الطبقات لحل مسألة الفصل المانع

ويقتصر دور المستخدم - بالنسبة لتوليد الشبكة - على الإجابة عن الأسئلة الثلاث السابقة ، أما بالنسبة للقيم الابتدائية للأوزان ( Weights ) التى تربط بين الخلايا العصبية وقيم العتبات ( Thresholds ) لهذه الوحدات فإنه يتم توليدها عشوائيا ( Randomly ) من داخل البرنامج بحيث تكون محصورة بين ٠,٥- و ٠,٥+ وبالمثل يعتمد البرنامج فى أسلوب حسابه لمخرجات الخلايا على أنها ذات دالة من النوع السيجمويد.

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الإعلانية

• ثانياً : قراءة الأنساق المطلوب أن تتعلمها الشبكة : وفيها يدخل المستخدم بياناته في ملف إسمه ( Neural.Pat ) كالتالي :

- يكتب العدد الكلي للأنساق ( في سطر على حدة ).
- ثم يكرر كتابة قيم وحدات الإدخال يليها قيم وحدات الإخراج لكل نسق بحيث يبدأ البيانات الخاصة بكل نسق في سطر جديد.

وبالنسبة لمسألة الفصل المانع فإن البيانات تكون كالتالي :

العدد الكلي للأنساق المطلوب تعلمها 4	→	السطر الأول
المخرجات لكل نسق المدخلات كل نسق		
0 0 0	→	السطر الثاني
0 1 1	→	السطر الثالث
1 1 0	→	السطر الرابع
1 1 1	→	السطر الخامس

ويجدر بنا هنا أن ننوه للقارئ أنه لا يشترط أن تكون قيم المدخلات والمخرجات ثنائية ( Binary ) - كما هو الحال في الأمثلة التي نعرضها في هذا الفصل - ويمكنه استعمال قيم حقيقية ( أى تشتمل على كسور ).

### مرحلة التعلم :

يقتصر تفاعل المستخدم مع البرنامج في هذه الحالة على إدخال قيمة متغير واحد فقط يتحكم في معدل التغيير ( Rate of Change ) في قيم أوزان وعتبات عصبونات الشبكة ويطلق عليه اسم معدل التعلم ( Learning Rate ) وتختار قيمته بحيث تكون محصورة بين الصفر والواحد الصحيح ويعتبر اختيار هذه القيمة في حدود ٠,٦ اختياراً مناسباً.

وبعد أن يحصل البرنامج على قيمة معدل التعلم لا يحتاج إلى بيانات أخرى من المستخدم حيث يتم تنفيذ خوارزم الانتشار العكسي ( Back Propagation ) والذي يشتمل على ثلاث مراحل فرعية كالتالي :

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

- ☐ أولا : مرحلة الإنتشار الأمامى للمدخلات لحساب قيم المخرجات المناظرة وقيمة إشارة الخطأ عند كل عصبون فى الطبقة الخارجية للشبكة.
- ☐ ثانيا : مرحلة الإنتشار الخلفى لحساب إشارة الخطأ عند كل عصبون فى الطبقة البينية.
- ☐ ثالثا : تعديل الأوزان بين عصبونات الشبكة وقيم عتبات هذه العصبونات لتقليل الخطأ الحادث فى عصبونات الطبقة الخارجية.

مرحلة طباعة / تخزين النتائج :

ويقوم البرنامج فيها بتخزين تقرير ( Report ) - فى ملف إسمه ( Nerual.wts ) يشتمل على قيم الأوزان التى تربط كل خلية عصبية- بدءا من خلايا الطبقة البينية مرتبة وفقا لرقم ( رتبة ) كل خلية كما يتضح بالشكل ( ١٨ - ١٨ ) - بوحدات أو خلايا الطبقة السابقة يليها قيمة العتبة لهذه الخلية.

ويمكن توضيح ذلك باستعراض نتائج مسألة الفصل المانع كالتالى :

رقم الخلية العصبية	الأوزان التى تربطها بوحدات الطبقة السابقة	قيمة العتبة للخلية العصبية
3	-6.4689 -6.6270	2.6834
4	4.3391 -4.3831	6.5286
5	-8.5966 8.6958	-4.1543

ويلى التقرير السابق تقرير مفصل عن نشاط الشبكة لكل نسق من الأنساق التى تم إدخالها فى ملف الإدخال كالتالى ( من اليسار إلى اليمين ) :

- ☐ قيمة مجموع مربع الأخطاء فى خلايا الطبقة الخارجية لهذا النسق.
- ☐ قيمة الإشارة الخارجة من كل خلية عصبية من خلايا الشبكة ( مرتبة وفقا لأرقام الخلايا ).
- ☐ قيمة مجموع مربع الأخطاء فى خلايا الطبقة الخارجية مجموعا لجميع الأنساق ( وتعتبر هذه القيمة مقياسا لمدى نجاح الشبكة فى المهمة المطلوب تعلمها ).

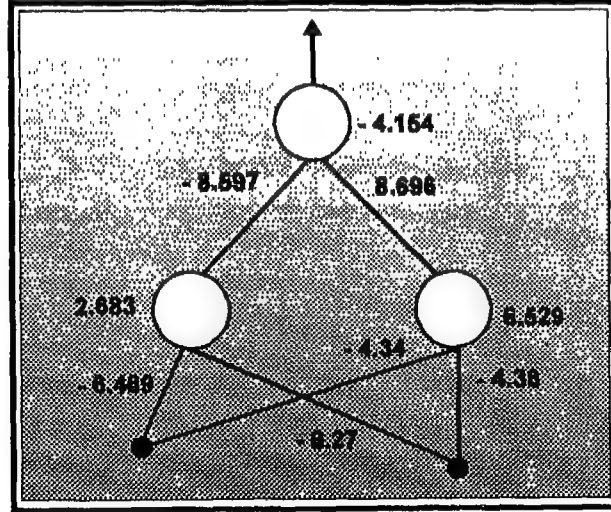
ويمكن توضيح ذلك أيضا باستعراض هذا الجزء من النتائج بالنسبة لمسألة الفصل المانع

## تطوير وبناء الشبكات العصبية الاصطناعية

		بيانات النسق	قيمة مربع الخطأ عند وحدة الإخراج
النسق الأول	Pattern 0.94	0 0 0 1.00 0.03	قيمة الإشارة الصادرة من العصبونات ٥,٤,٣ على الترتيب
النسق الثانى	Pattern 0.02	1 0 1 0.90 0.97	0.000902
النسق الثالث	Pattern 0.02	0 1 1 0.90 0.97	0.000916
النسق الرابع	Pattern 0.02	1 1 0 0.10 0.04	0.001310

المجموع الكلى لمربعات الأخطاء = 0.003958

ويمكن للقارئ التأكد من صحة النتائج الخاصة بنشاط الشبكة بأن يحسب بنفسه ( يدويا ) قيم مخرجات الخلايا لكل نسق فى الشبكة التى تم الحصول عليها وهى القيم الموضحة بالشكل ( ١٨ - ١٩ ).



شبكة الشكل ٣ بعد تعلم قيم الأوزان والعتبات  
شكل ( ١٨ - ١٩ )

وننصح القارئ بأن يقوم بتشغيل البرنامج على مسألة الفصل المانع ليتأكد من صحة النتائج التى عرضناها فى هذا الفصل.

## ١٨ - ١١ - ٢ استخدام برنامج ( Neural.Net ) في التعرف على صور الأرقام العربية

نجاح البرنامج ( Neural.Net ) في تعلم مهمة أكثر صعوبة من مسألة الفصل المانع التي أشرنا إليها في القسم ( ١٨ - ١٠ - ١ ) أعلاه ، وهي تعلم التعرف على صور للأرقام العربية الأولية من صفر إلى تسعة . وسنعرض فيما يلي مراحل تنفيذ البرنامج لحل مثل هذه المسألة .

### أولا : توليد الشبكة

- ☐ عدد وحدات الإدخال : ٢٥٦ ويمثل هذا العدد عدد عناصر الصورة الممثلة للرقم .  
فبالرجوع إلى الشكل ( ١٨ - ١٦ ) يلاحظ أن الصورة تشتمل على ١٦ صفا وعمودا أي على  $16 \times 16 = 256$  عنصرا . ويتم تمثيل هذه العناصر ثنائيا ( Binary ) وسنعتبرها صفرا للعنصر القاتم وواحدا للعنصر المضىء .
- ☐ عدد وحدات الطبقة البينية ٣٠ .
- ☐ عدد وحدات الإخراج ١٠ ( وهي تناظر عدد الفئات Classes المختلفة التي تنتمي إليها الأنساق ) .

### ثانيا : البيانات الخاصة بالأنساق المطلوب تعلمها ( Neural.Pat )

العدد الكلى للأنساق ٥٠٠ وحيث أن عدد الأنساق - في هذه الحالة - كبير جدا فسنعطى هنا بيانات نسق واحد فقط وهو النسق المعروف في الشكل ( ١٨ - ١٦ - ١ ) على سبيل المثال ، وهو يشتمل على ٢٦٦ بيان تمثل ٢٥٦ منها القيم عند وحدات الإدخال والـ ١٠ الأخيرة تمثل القيم المطلوبة عند وحدات الإخراج كالتالى :

ومثل هذه البيانات - بطبيعة الحال - لا يستطيع المستخدم إدخالها من خلال لوحة المفاتيح ( Keyboard ) وينبغى الحصول عليها عن طريق تخزين الصورة الرقمية التى تم رسمها على شاشة الحاسب أو باستخدام ماسح رقمى ( Scanner ) لتحويل صور الأرقام العربية ( المرسومة على ورق أبيض ) إلى صورة رقمية يمكن تخزينها فى الحاسب .



## تطوير وبناء الشبكات المهنية الإنسانية

---

وقد قمنا أيضا باختبار كفاءة الشبكة - بعد انتهاء مرحلة التعليم - عن طريق عرض  
مائة نسق جديد تختلف عن الأنساق التي استخدمت في عملية التعلم استطاعت الشبكة  
التعرف عليها.





## الفصل التاسع عشر

### التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية



## ١٩ - ١ مقدمة

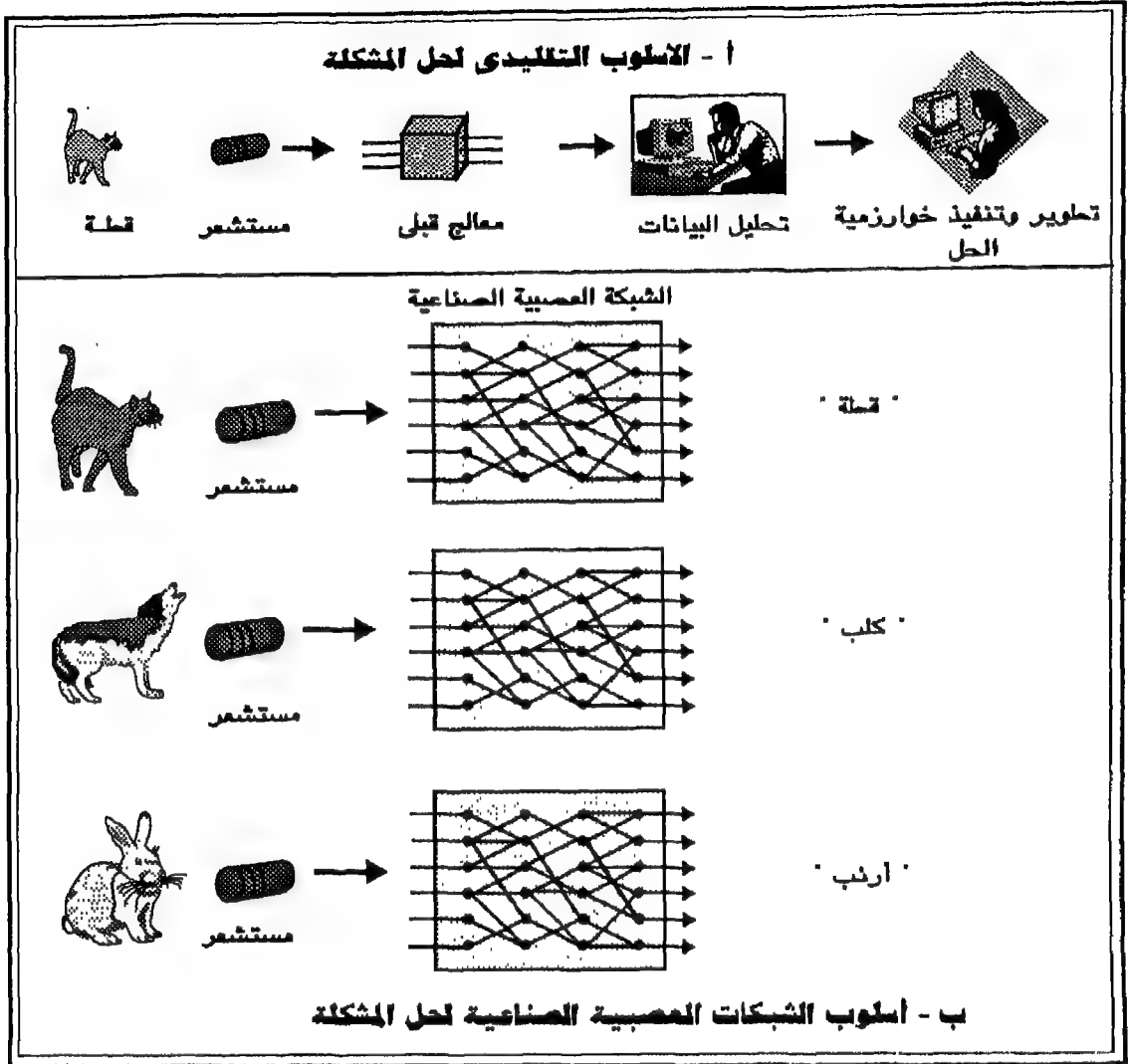
والآن وبعد عرضنا في الفصول السابقة لبعض الأسس النظرية للشبكات العصبية الاصطناعية حان وقت التساؤل عن إمكانية الاستفادة منها في مختلف المجالات العملية. وقبل المضي قدما في الإجابة على هذا التساؤل يتعين علينا أن نلقى بعض الضوء على الفروق الرئيسية بين الطرق التقليدية لمعالجة المعلومات وتلك التي تتبعها الشبكات العصبية الاصطناعية. ولتوضيح هذه الفروق سنفترض أن المشكلة التي علينا حلها هي بناء نظام لتصنيف صور الحيوانات التي تعرض عليه إلى ثلاثة فئات: فئة القطط، فئة الكلاب وفئة الأرانب. وببدأ الأسلوب التقليدي لبناء هذا النظام شكل (١٩-١١) بمعالجة قبلية (Preprocessing) للصورة، أي تمثيلها على هيئة بيانات رقمية على سبيل المثال، ويتم بعد ذلك تحليل تلك البيانات لاستخلاص الملامح المميزة لكل من حيوانات الفئات الثلاثة، ويعقب ذلك تطوير خوارزمية بإمكانها استخدام تلك الملامح المميزة في التعرف على طبيعة الحيوان الذي تمثله البيانات ومن ثم إمكانية تصنيفه. وبالطبع تقتصر قدرات برنامج الحاسب المرتكز على هذه الخوارزمية على تمييز ومن ثم تصنيف ثلاثة أنواع فقط من أنواع الحيوانات. أي أن هذا البرنامج يعجز عن التعامل مع أي حيوان آخر غير تلك التي صمم على أساس التعرف على ملامحها.

وتتبع الشبكات العصبية الاصطناعية في حلها لهذه المشكلة أسلوبا يختلف تماما عن الأسلوب التقليدي شكل (١٩-١٠ ب). فبعد إقامة الشبكة، سواء تم تنفيذ هذا ماديا باستخدام تجهيزات مادية خاصة (Hardware) أو برمجيا (Software) بأسلوب المحاكاة (Simulation)، يبدأ تعليمها تمييز وتصنيف الصور التي تمت معالجتها قبليا للحيوانات الثلاثة. وتتم هذه العملية أولا بعرض صورة لـ "قط" كمدخل وكلمة "قط" كمخرج أمام الشبكة التي تعدل من أوزان شدة الترابطات بين وحداتها بناء على ما يعرض أمامها. وتتكرر نفس العملية بالنسبة لكل من صور "الكلب" و "الأرنب". وبهذا تكون الشبكة قد تعلمت كيفية التمييز بين صور الحيوانات الثلاثة ومن ثم تصنيفها. والأمر المثير هنا أن نفس الشبكة يمكنها تعلم المزيد عن صور حيوانات أخرى بنفس الطريقة ومن ثم تتنامى قدرتها على التمييز والتصنيف. وهي في ذلك تتمتع بقدر كبير من المرونة يفتقدها البرنامج المصمم طبقا للأسلوب التقليدي. أما الأمر المثير الآخر فهو مقدرة الشبكة على استخلاص الملامح المميزة بنفسها وبدون عون أو تدخل مباشر من الإنسان وهذا بالطبع عكس المتبع في حالة الطرق التقليدية.

ويوضح هذا المثال طبيعة المشاكل التي تتفوق الشبكات العصبية الاصطناعية في حلها بالمقارنة مع الطرق التقليدية. ويمكن اعتبار أغلب تلك المشاكل حالات خاصة أو متنوعة للمشكلة العامة المعروفة بـ "مشكلة مقارنة أو مطابقة الأنساق" (Pattern Mapping). لذا تركز التطبيقات العملية للشبكات

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية

العصبية الاصطناعية على اعتبار تلك الشبكات بوصفها منظومات لمقارنة أو مطابقة الأنساق. ويمكن تصنيف التطبيقات إلى :



شكل ( ١٩ - ١ )

حل مشكلة تصنيف الصور والأنساق

○ تطبيقات مختارة ( Candidate Applications ) ، وهى التطبيقات التى تتناول المشاكل التى يمكن من الناحية النظرية إستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية فى حلها. وتشمل هذه الفئة المشاكل التى يمكن حلها بواسطة مطابقة الأنساق أو المشاكل المتعلقة بالأمثلة ( Optimization ) مثل مشكلة البائع المتجول الشهيرة ( Salesman Problem ).

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية

○ تطبيقات يجري تطويرها ( Applications Under Development ) ، وهى التطبيقات التى تتعلق بمشاكل بدأ بالفعل تنفيذ حلها بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية. وفى هذه الحالة يبدأ تدريب الشبكات على حل صور مبسطة من المشاكل المطروحة وذلك تمهيدا لاستخدامها فى حل الصور الواقعية لتلك المشاكل.

○ تطبيقات تم تطويرها ( Proven Applications ) ، وهى التطبيقات التى تم استخدام نظم الشبكات العصبية الاصطناعية فى حلها وتم تسويق تلك النظم على المستوى التجارى. ومن أبرز تلك التطبيقات نظم التعرف على خط اليد ونظم الكشف عن القنابل.

وتتضمن عملية تطوير الشبكات العصبية الاصطناعية العديد من خيارات التصميم انظر شكل ( ١٩ - ٢ ) . ويمكن إيجاز تلك العملية فى الخطوات التالية :

١ - التوصيف المحدد لمجال التطبيق.

ب - التوصيف الدقيق لطبيعة مدخلات ومخرجات الشبكة. ويشمل هذا التوصيف ما يلى :

١ - تحديد الأنساق التى سيتعين على الشبكة قبولها كمدخل وتلك التى ستخرجها.

٢ - تحديد الكيفية التى سيتم بها تمثيل هذه الأنساق ( The Representation Scheme ) والمعلومات والبيانات المطلوبة لتنفيذ هذا التمثيل بكفاءة وفعالية. فتصميم شبكة عصبية لحل مشكلة تصنيف الصور يتطلب اختيار أسلوب تمثيل الصورة الذى ستقبله الشبكة. فهل يتم إدخال الصورة كنسق من النقاط ( Pixels ) .. ؟ أو يكون من الأفضل استخدام أحد تقنيات المعالجة القبلية ( Preprocessing ) لمعالجة الصورة قبل تقديمها للشبكة .. ؟ كما ينبغي أيضا تحديد أسلوب الإخراج. فهل تخصص وحدة معالجة عصبية لكل صنف من أصناف الصور التى سيتم تصنيفها .. ؟ أو هل من الأفضل استخدام أكثر من وحدة لتمثيل كل صنف على حدة ... ؟ كانت هذه عينة من الأسئلة التى يتعين الإجابة عليها فيما يتعلق بتصنيف مدخلات ومخرجات الشبكة.

ج - تصميم المعمار الداخلى للشبكة : وتشمل هذه الخطوة ما يلى :

١ - توصيف طوبولوجية الشبكة بما يعنيه هذا من تحديد لعدد طبقاتها ولطبيعة انتشار الإستثارة عبر وحدات المعالجة العصبية المكونة لها.

٢ - تحديد حجمها ، أى عدد وحدات المعالجة العصبية التى ستستخدم فى بنائها.

٣ - توصيف طبيعة الترابطات بين وحدات المعالجة العصبية المكونة لها.

د - اختيار النظام المناسب الذى سيتبع فى تعليمها.

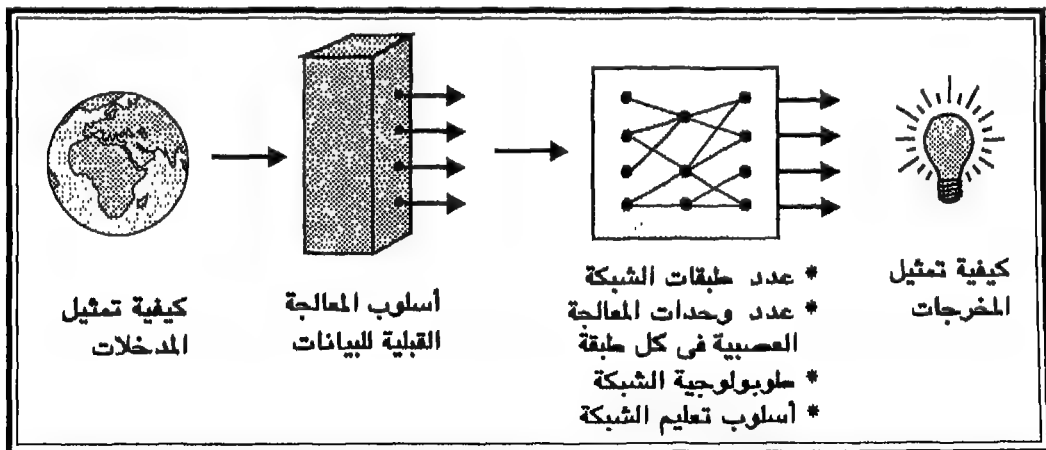
هـ - اختيار قيم بارامترات ضبط ( توليف ) ( Tuning ) الشبكة ، وذلك مثل معدل التعلم ( Learning Rate ) كما هو الحال فى شبكات الانتشار المرتد للخطأ.

و - اختيار المواد التدريبية التى ستستخدم فى تعليم الشبكة. فالشبكة كالطفل ، يتوقف مستوى أدائها على ما يقدم إليها من مادة وعلى أسلوب تقديمها.

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية

ويبقى بعد ذلك تساؤل هام وهو كيف يمكن تنفيذ الشبكة التي تم تصميمها؟ والإجابة على هذا التساؤل هي أن هناك العديد من مواد التنفيذ وتقنياته بدءا من استخدام ورقة وقلم ... وإنهاء ببناء معدات (Hardware) يتلاءم مع معمارها مع معمار الشبكات ومرورا باستخدام الجداول الإلكترونية (Spreadsheets) والمحاكيات البرمجية (Software Simulators). وتعتمد أغلب التطبيقات المسوقة على المستوى التجارى اعتمادا أساسيا على استخدام المحاكيات البرمجية فى تنفيذ الشبكات العصبية الاصطناعية. إلا أن معمار الحواسيب الحالية القائم على إجراء العمليات المنطقية والحسابية تعاقبيا والذي يختلف اختلافا جوهريا عن أسلوب المعالجة المتوازية الذى تتبعه الشبكات العصبية، يفرض قيودا وحدودا على الإستغلال التام لقدرات وإمكانات تلك الشبكات. وذلك لأن سرعة المحاكيات البرمجية تتوقف فى نهاية الأمر على سرعة المعدات التى تقوم بتنفيذها. ويمكن التغلب جزئيا على هذه المشاكل باستخدام المعالجات المساعدة الرياضية (Math Coprocessors) والمعالجات الإتجاهية (Vector Processors).

وقد لقي استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية فى مختلف المجالات العملية والتطبيقية حماسا شديدا فبتنا نشهد اليوم تزايدا سريعا فى عدد الشركات المهتمة بإنتاج وتسويق النظم المرتكزة على الشبكات العصبية الاصطناعية. فبينما لم يتجاوز عدد هذه الشركات سنة ١٩٨٥ الثلاث شركات، نجد عددها اليوم وقد تجاوز الأربعين شركة. وبدأنا نسمع عن العديد من المنتجات بدءا من مودم (Modem) ينقل البيانات بسرعة ٩٦ كيلوبايت فى الثانية إلى قراءة خط اليد وترميزه بنظام آسكى (ASCII) من إنتاج شركة (Nestor)، ومرورا بنظام للتعرف على الصورة وتصنيفها وذلك لاستخدامها فى التفتيش على جودة المنتجات الإصطناعية بواسطة الروبوتات (Robots) من إنتاج شركة (Hetch-Nelsen Neurocomputer Corp). وسوف نلقى نظرة سريعة على المجالات المختلفة لاستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية.

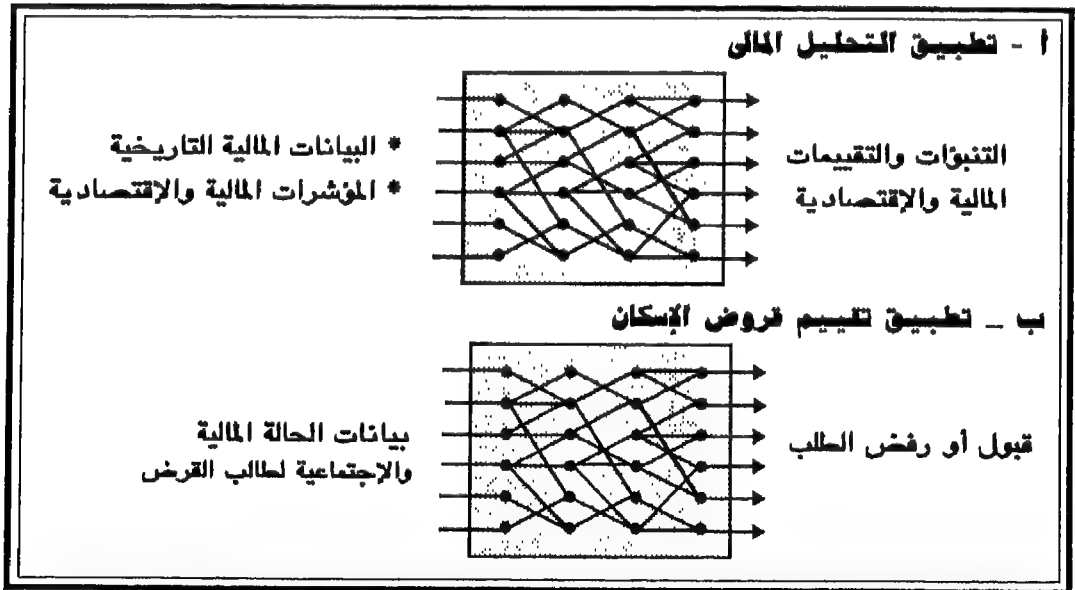


شكل (٢-٢١)

خيارات تصميم تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية

## ١٩ - ٣ التطبيقات الاقتصادية والمالية ( Financial and Economical Applications )

يمكن استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في تنفيذ عمليات التحليل المالي اللازمة لزيادة الأرباح أو لتجنب الخسائر. وتغطي هذه التطبيقات العديد من المجالات مثل تقييم الأوضاع المالية لشركة أو التنبؤ بسعر سلعة معينة أنظر شكل ( ١٩ - ٣ ). فعلى سبيل المثال يمكن للشبكة التي تم تدريبها على عمليات التنبؤ أن تتلقى كمدخل رئيسي البيانات التاريخية المتعلقة بتغير سعر سلعة معينة وكمية المخزون منها وكلا من المؤشرات المالية والتسويقية الخاصة بها لنحصل منها كمخرج على السعر المتوقع لهذه السلعة في المستقبل. كما تستخدم هذه الشبكات أيضا في تقييم البيانات المتعلقة بتقديم القروض. ففي حالة قروض الإسكان، على سبيل المثال، يتم تغذية الشبكة بكافة البيانات المتعلقة بأوضاع العميل الإجتماعية والمالية لتقوم هي بعد ذلك بتقرير إمكانية تقديم القرض من عدمه وبتقدير حجم المخاطرة في حالة تقديمه. ويتم تدريب هذه الشبكات التي تحتوى عادة على مايزيد على ٦٠٠٠ وحدة معالجة عصبية بعرض المعلومات المتوفرة عن القروض السابقة عليها. وقد أثبت الشبكات المستخدمة في هذه النوعية من التطبيقات جدواها الاقتصادية الفائقة بما وفرت له لمستخدميها من أموال كان من المحتمل خسارتها نتيجة للقرارات غير الصائبة.



شكل ( ١٩ - ٣ )

أمثلة للتطبيقات المالية للشبكات العصبية الاصطناعية

## ١٩ - ٣ تطبيقات تحليل الصور ( Image Analysis Applications )

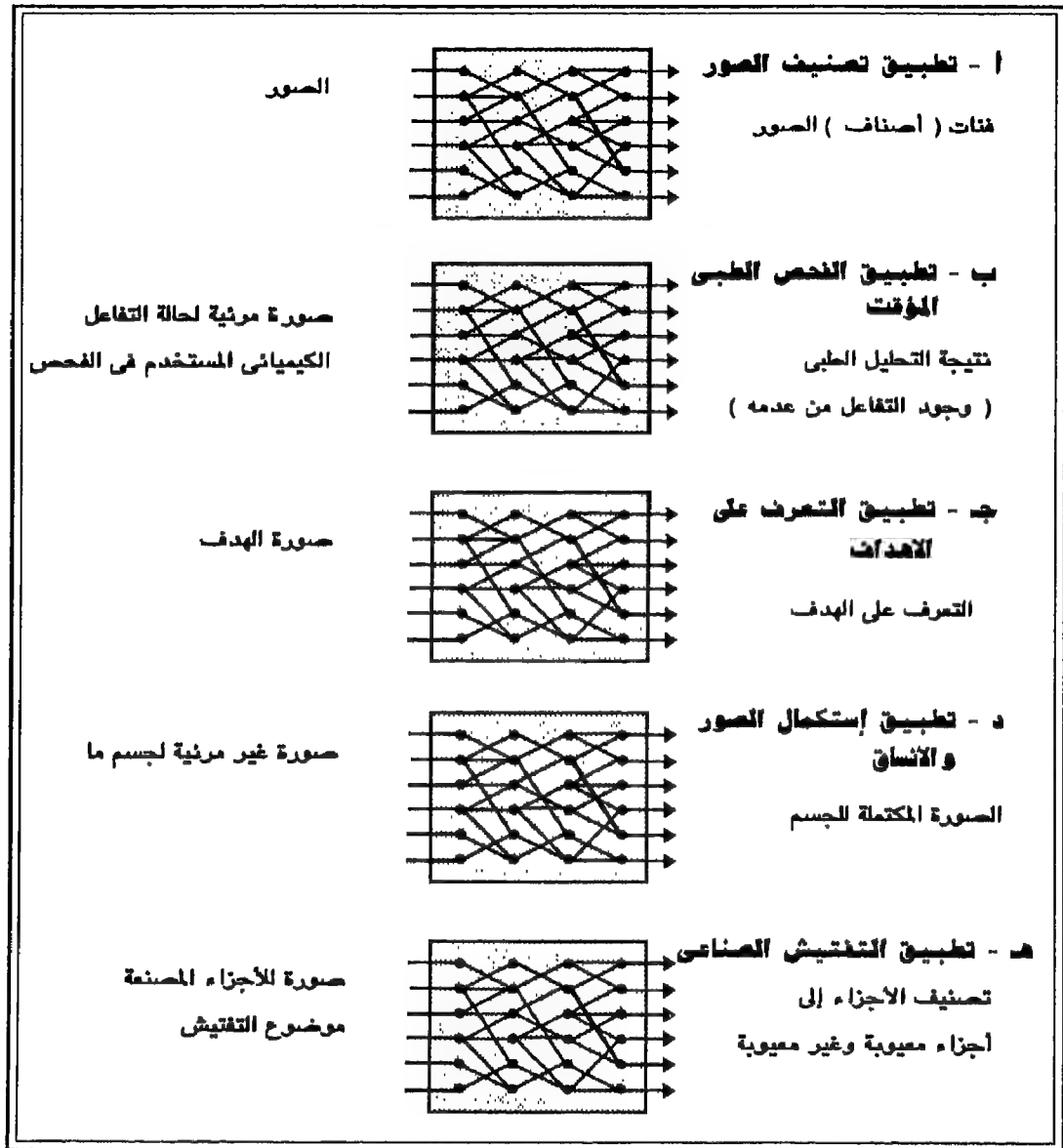
تتنوع تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية المتعلقة بتحليل الصور تنوعا شديدا وذلك كما يتضح بالشكل ( ١٩ - ٤ ). وتعتبر الصورة الخام ، أو غير المعالجة ، فى كل هذه التطبيقات هى المدخل الرئيسى. وتشمل هذه التطبيقات مثلا : تصنيف الصور ( Image Classification ) ، الفحوص الطبية الآلية ( Automated Medical Tests ) ، التعرف الآلى على الأهداف ( Automated Targets Recognition ) ، التفيتش الصناعى ( Industrial Inspection ) .

وفى حالة استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية فى تصنيف الصور تمثل كل وحدة عصبية من وحدات طبقة الإخراج صنفا من أصناف الصور التى سبق وأن دربت الشبكة على التمييز بينها أنظر شكل ( ١٩ - ٥ ). أما استخدامها فى الفحوص الطبية فيعتمد على أن نتيجة الفحص تتوقف على حدوث تفاعل كيميائى ما من عدمه. فإذا حدث هذا التفاعل كان هذا يعنى أن نتيجة الفحص إيجابية ويؤدى هذا إلى صورة مشوشة تخرجها الشبكة كدلالة على حدوث هذا التفاعل. بينما يعنى إخراج صورة واضحة عدم حدوث هذا التفاعل ومن ثم نتيجة سلبية للفحص الطبى.

أما فى حالة التعرف على الأهداف فإن استجابة وحدات طبقة الإخراج تتغير من هدف لآخر وذلك بناء على صور الأهداف التى سبق وأن تعلمتها الشبكة المخصصة لذلك. ويوضح شكل ( ١٩ - ٦ ) مخططا لعملية التقاط صورة الهدف بواسطة قمر صناعى تمهيدا لتحليلها بواسطة الشبكة العصبية الاصطناعية لنظام التعرف على الأهداف المسمى بـ ( DARPA ). ومن التطبيقات وثيقة الصلة بالتعرف على الأهداف تلك المتعلقة باستكمال الأجزاء الناقصة من الصور والأشكال. ويتم تدريب الشبكة فى هذه الحالة باستخدام طريقة التعليم الموجه حيث تعرض صورة الهدف المراد التعرف عليه أمام الشبكة كمدخل ومخرج فى نفس الوقت فيتم إختزانها فى الشبكة بطريقة موزعة على هيئة نمط محدد من مستويات إستثارة وترابطات بين الوحدات العصبية للطبقات الخفية للشبكة. وفى حالة إستقبال الشبكة لصورة غير مكتملة لجسم ما من تلك الأجسام التى سبق وأن تعلمتها فإنها تتذكره وتقوم باستكمال الأجزاء الناقصة لصورتها.



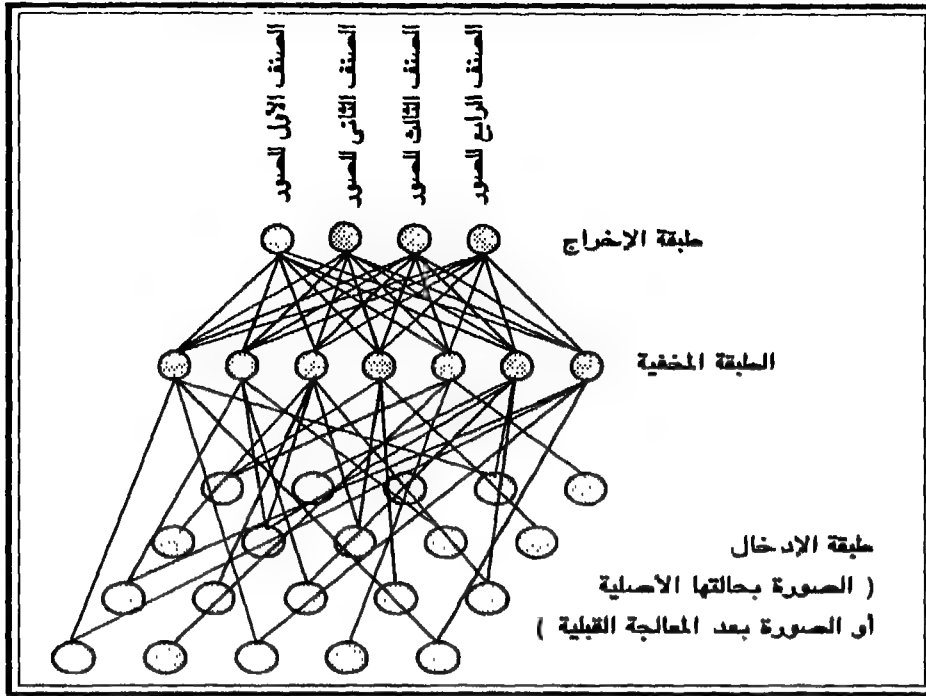
## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية



شكل ( ٤ - ١٩ )

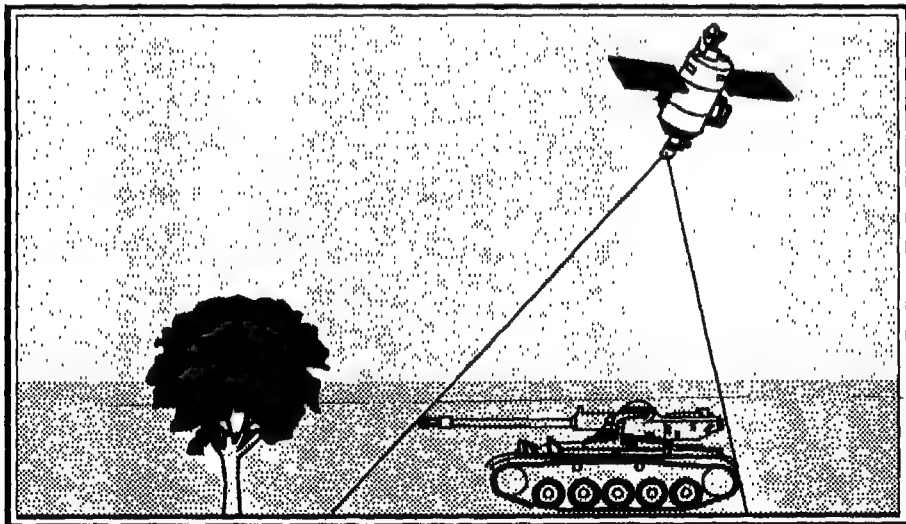
أمثلة لتطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية فى مجال تحليل الصور

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية



شكل (١٩-٥)

الشبكة العصبية الاصطناعية المستخدمة في تصنيف الصور



شكل (١٩-٦)

التقاط صورة الهدف موضوع التحليل بواسطة الأقمار الصناعية

## ١٩ - ٤ تطبيقات التشخيص ( Diagnosis Applications )

يعرف التشخيص بأنه عملية التعرف على وتمييز السبب وراء ظهور موقف ما وذلك كتحديد أسباب مرض معين أو سبب عطل ماكينة وماشابه ذلك من مواقف. ويمكن اعتبار التشخيص حالة من حالات مطابقة الأنساق. والنسق المدخل في هذه الحالة هو مجموع البيانات أو المعرفة المتعلقة بالأعراض المرضية أو تلك الخاصة بحالة من حالات عطل الماكينة. أما النسق المخرج فهو التشخيص المحتمل لهذا المرض أو الأسباب المرجحة لذلك العطل. ونتوقف هنا لإجراء مقارنة بين نظم التشخيص المبنية على أساس الشبكات العصبية الاصطناعية وتلك المبنية على أساس معمار النظم الخبيرة المرتكز على مفهوم قواعد الإنتاج ( Rule-Based Expert Systems ). فالنظم الخبيرة في التشخيص تعتمد اعتمادا أساسيا على صياغة الخبرة البشرية في صورة قواعد إنتاج تأخذ الشكل العام التالي :

IF <circumstances >

THEN <do action , or conclude something>

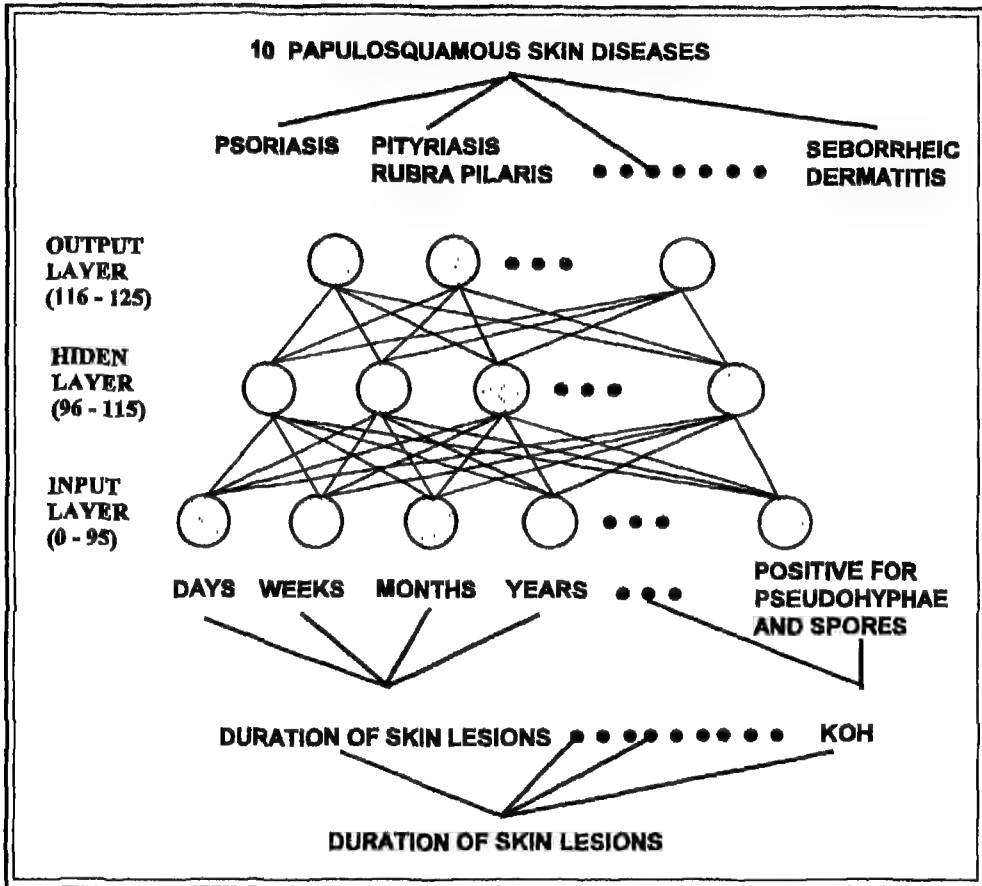
وقد أثبتت الممارسة العملية أن عملية التشخيص تتطلب عددا هائلا من تلك القواعد وهو أمر ليس يسيرا ويستهلك وقتا طويلا يقضيه مصمم النظام الخبير في دراسة وتفهم كافة الاحتمالات الممكنة التي قد تؤدي إلى ظهور المرض أو تتسبب في عطل الماكينة. هذا بالإضافة إلى عجز تلك النظم عن اكتشاف الملامح التي تميز أسباب كل مرض أو عطل. وعلى النقيض من ذلك تقوم الشبكات العصبية الاصطناعية بالتعرف على وتصنيف الأنساق التشخيصية المختلفة بسرعة وبدقة وبدون معرفة مسبقة وفي غيبة البيانات الدقيقة والكاملة.

ويوضح شكل ( ١٩ - ٧ ) طوبولوجية ( DESKNET ) وهي واحدة من الشبكات العصبية الاصطناعية المستخدمة في تشخيص الأمراض الجلدية والمبنية على أساس نموذج الإنتشار المرتد للخطأ. ويمكن للشبكة المدربة تشخيص عشرة أمراض جلدية مختلفة وذلك انطلاقا من معرفتها بـ ١٨ عرضا بالإضافة إلى نتائج الفحوص الطبية.

ويعتبر تشخيص أعطال الآلات وتحليل أسبابها من التطبيقات الهامة على المستوى العملي والتجاري لنظم التشخيص الآلى. وهناك العديد من التطبيقات الناجحة لهذه النظم في مجالات محركات الطائرات النفاثة والصواريخ والعربات.

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية

وقد تم استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية أيضا في تشخيص أعطال محركات السيارات حيث تم بناء نظام يمكنه تشخيص ٢٦ عطلا وذلك بتحليل ١٦ عنصر بيانات تصف حالة المحرك. وقد أوضحت التجارب أن ذلك النظام قادر على التشخيص السليم بنسبة تكاد تقترب من ١٠٠٪. هذا بالإضافة إلى سرعة تدريبه وإلى سرعة تشخيصه لأسباب العطل.



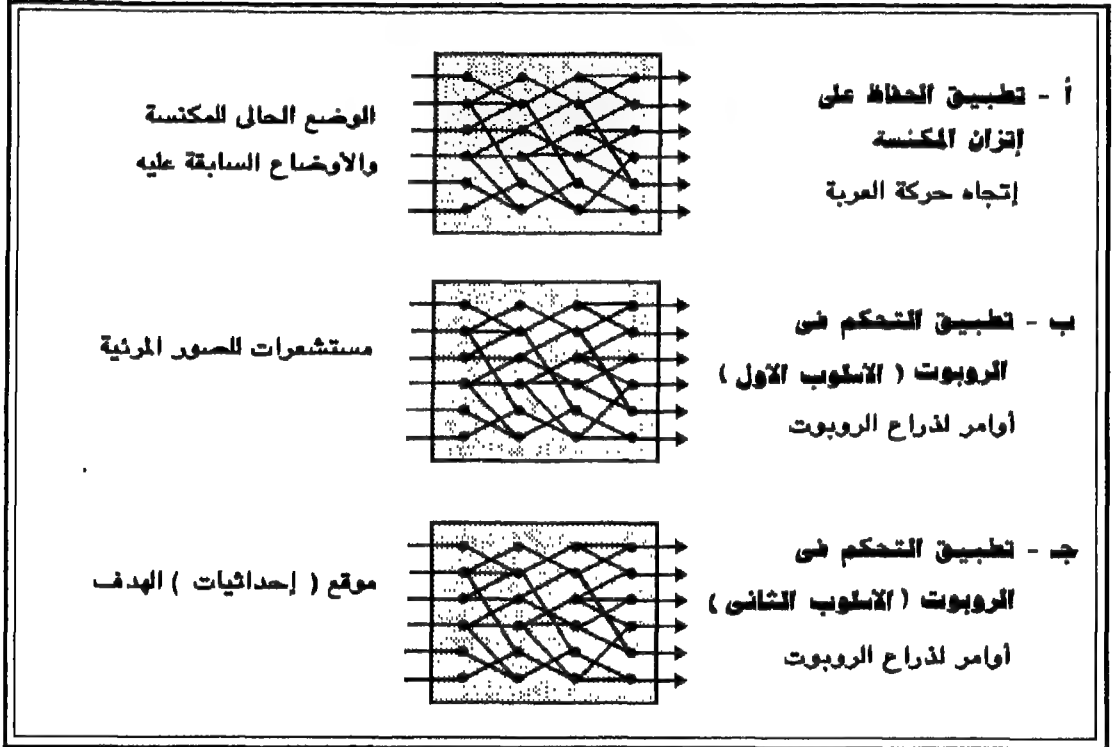
شكل (١٩ - ٧)  
نظام (DESKNET) لتشخيص الأمراض الجلدية  
(نظام شبكة عصبية اصطناعية تعمل على أساس الانتشار المرتد للخطأ)

## ١٩ - ٥ تطبيقات التحكم الآلي

يغطي استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في مجال التحكم الآلي مجموعة عريضة من مشاكله التي تتراوح درجة تعقدها بدءا من البسيط مثل المشكلة التقليدية للحفاظ على اتزان مكينة إلى المعقد مثل مشكلة التسيير الذاتي (Autonomous Control) للمركبات المتحركة أنظر

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية

شكل ( ١٩-٨ ). ومشكلة الحفاظ على اتزان مكنسة تتلخص فى كيفية الحفاظ على الوضع الرأسى لمكنسة مقلوبة وموضوعة على سطح عربية صغيرة تتحرك للأمام والخلف فى محاولة للحفاظ على الوضع الرأسى للمكنسة. أى أن المشكلة هى كيفية تزامن موضع طرف المكنسة على سطح العربية مع حركة العربية نفسها. وقد نجح ويدرو ( Widrow 1988 ) فى حل هذه المسألة. ويوضح شكل ( ١٩-٩ ) بعض نتائج تجربة محاكاة لهذه المسألة.



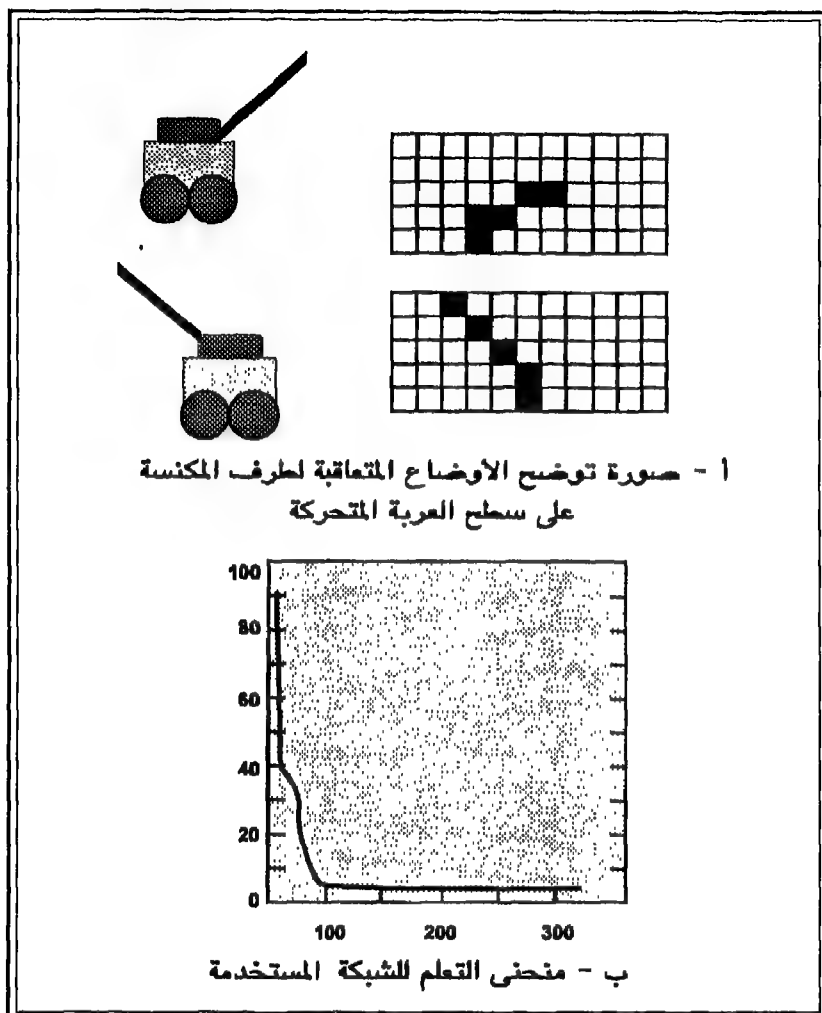
شكل ( ١٩-٨ )

أمثلة لتطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية فى مجال التحكم الآلى والروبوتيات

وبالطبع كان حل هذه المشكلة بواسطة الشبكات العصبية تمهيدا لاستخدامها فى حل مسائل أكثر واقعية على المستوى العملى. فعلى سبيل المثال تركز الدراسات المتعلقة بالروبوتات على ما يعرف بـ "مسألة الكينماتيكا المعكوسة" ( Inverse Kinematic Problem ). وتتلخص هذه المسألة فى كيفية تحديد حركة ذراع الروبوت اللازمة لوصوله إلى هدف محدد سلفا. وهذه فى حقيقة الأمر مشكلة بالغة التعقيد لاحتراء الروبوت على عشرات الأجزاء المترابطة التى تعتمد حركة كل منها على حركة الأجزاء الأخرى وبطريقة متزامنة. ومما يزيد المشكلة تعقيدا تغير

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية

الأحمال التي على ذراع الروبوت التعامل معها وذلك بالإضافة إلى الطبيعة غير الدقيقة للبيانات التي يعتمد عليها الروبوت في حركته.



شكل ( ٩ - ١٩ )

نتائج تجربة استخدام شبكة عصبية في حل مشكلة "إتزان المكنسة"

ولحل هذه المشكلة بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية تم اتباع أسلوبين. يعتمد الأسلوب الأول على مستشعر بصري ( Visual Sensor ) مثبت على ذراع الروبوت أو في مكان قريب وذلك لالتقاط صورة للهدف. وتعمل الشبكة العصبية في هذه الحالة على مطابقة الصورة المستشعرة مع الحركة التي ينبغي على ذراع الروبوت أداؤها. أما الأسلوب الثاني فيعتمد على تحديد الأبعاد الثلاثة

لموقع الهدف المنشود لتتلقاه الشبكة العصبية كمدخل ثم تقوم هي بتحديد الحركة اللازمة لذراع الروبوت.

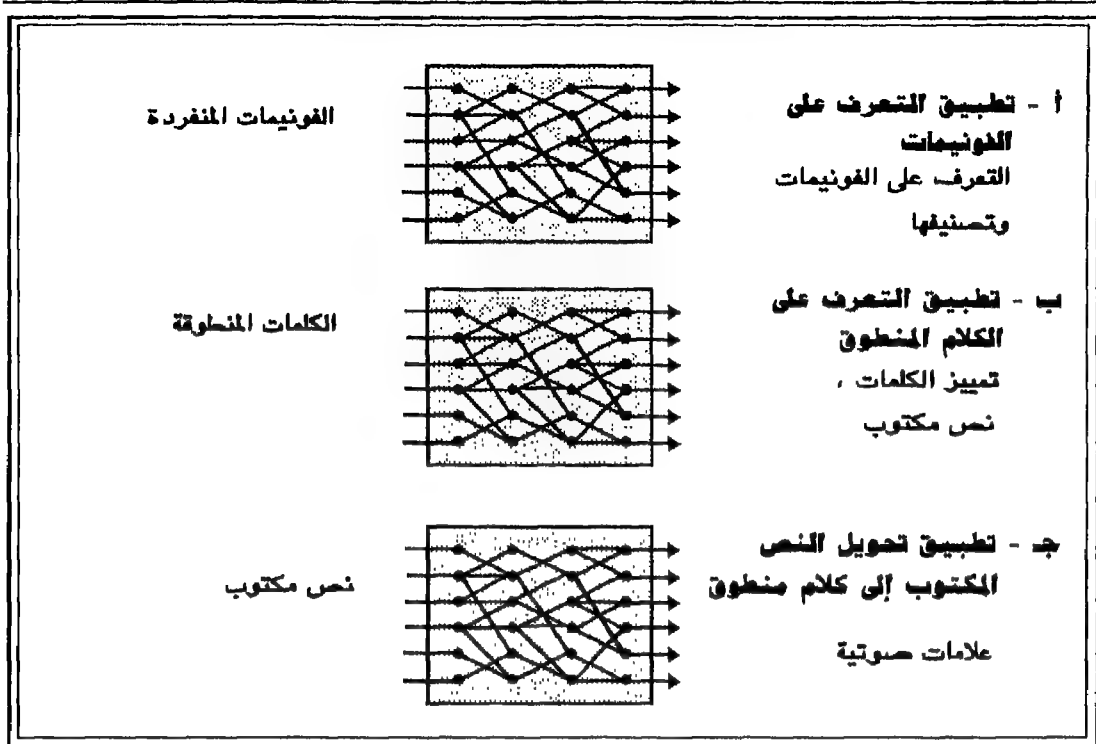
## ١٩ - ٦ تطبيقات معالجة اللغات الطبيعية

( Natural Language Processing Applications )

تعتبر مشكلة تحليل الكلام المنطوق من موضوعات معالجة اللغات الطبيعية التي جذبت إهتمام الباحثين في مجال التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية أنظر شكل ( ١٩ - ١٠ ). وتتضمن هذه المشكلة العديد من المسائل مثل التعرف الآلى على الكلام المنطوق وتحويل النص المكتوب إلى كلام منطوق. ومن أبرز النظم المستخدمة فى تحويل النص المكتوب إلى كلام منطوق نظام ( NETTALK ) الذى تم تطويره فى جامعة جون هوبكنز الأمريكية سنة ١٩٨٧ بمعرفة كل من سينوفسكى ( Sejnowski ) وروزنبرج ( Rosenberg ). ويعتمد هذا النظام فى عمله على شبكة إنتشار مرتد للخطأ تحتوى على ٣٠٩ وحدة معالجة عصبية إصطناعية منها ٢٠٣ فى طبقة الإدخال و ٨٠ فى الطبقة الخفية و ٢٦ فى طبقة الإخراج. وقد تم تصميم هذا النظام ليتلقى نصا مكتوبا باللغة الإنجليزية فيقوم بترجمته إلى علامات صوتية ( Phonetic Notations ) يمكن تحويلها بعد ذلك باستخدام مولد للكلام ( Speech Generator ) إلى كلام منطوق. وقد استخدم فى تدريب هذه الشبكة ، الذى استغرق أسبوعين فقط ، نصوصا إنجليزية مصحوبة بعلامات صوتية ( Phonetic Notations ). وقد تجاوز مستوى أداء الشبكة بعد الدورة التدريبية نسبة الـ ٩٠ %.

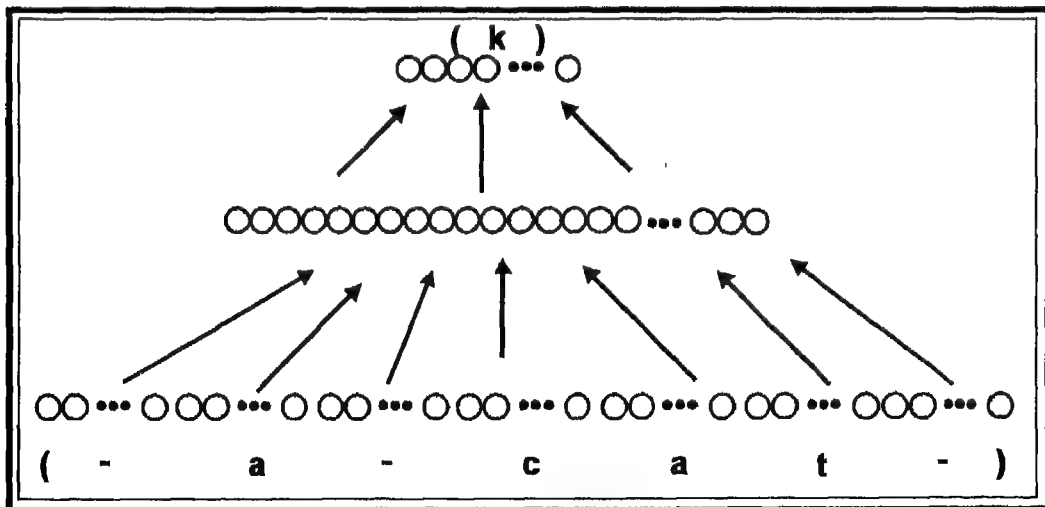
ويوضح شكل ( ١٩ - ١١ ) مخططا عاما لطبولوجية هذه الشبكة. وتنقسم وحدات المعالجة العصبية لطبقة الإخراج البالغ عددها ٢٠٣ وحدة إلى سبع مجموعات تحتوى كل منها على ٢٩ وحدة. وتستخدم كل مجموعة من تلك المجموعات فى تمثيل حرف من حروف اللغة الإنجليزية الموجودة فى النص المعروض أمام الشبكة. أى أن السبع مجموعات مجتمعة تمثل نافذة عرض سباعية الخانات ( أو الحروف ). وتناظر كل وحدة معالجة من الوحدات الـ ٢٩ الموجودة فى كل مجموعة حرفا واحدا من حروف اللغة الإنجليزية الـ ٢٦ ، بالإضافة إلى علامتى ترقيم ( Punctuation ) وعلامة الدلالة على نهاية الكلمة. وتعنى إستثارة وحدة ما وجود حرف معين فى الجزء المعروض من النص خلال نافذة العرض. فعلى سبيل المثال إذا كان حرف الـ A هو أول حرف موجود فى أول خانة من خانات النافذة فإن أول وحدة من الوحدات الـ ٢٩ هى فقط التى سيتم إستثارتها بينما تظل بقية الوحدات فى حالة خمود. وتخصص وحدات الإخراج الـ ٢٦ لرموز العلامات الصوتية المختلفة سواء كانت ألفاظ منفردة ( ١٩ وحدة معالجة ) أو علامات تركيز ( Stresses ) أو مقاطع لفظية ( Syllable Boundaries ) خمس وحدات معالجة.

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية



شكل ( ١٩ - ١٠ )

أمثلة من تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية في مجال معالجة اللغات الطبيعية



شكل ( ١٩ - ١١ )

شبكة ( NETTALK ) لتحويل النصوص المكتوبة إلى نصوص منطوقة



## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية

أما الوجه الآخر لنظم تحويل النص المكتوب إلى كلام منطوق فهو نظم تحويل الكلام المنطوق إلى نص مكتوب. ومن البديهي أن تكون أول خطوة نحو بناء هذه النظم هي عملية التعرف على الكلمة المنطوقة وتمييزها كنسق من الوحدات الصوتية المنطوقة طبقاً لتعاقب زمني معين. أو بعبارة أخرى إدراكها كتيار من " الفونيمات " ( Phonemes ). وتعود صعوبة هذا الأمر إلى أن الوحدات الصوتية المنطوقة لاتعنى شيئاً في حد ذاتها ولكنها تعمل على استثارة ماهو مخزن في ذاكرة من ينصت إليها فيتمكن من تمييزها. أى أن الذاكرة البشرية هي التي تقوم بتجميع تلك الأصوات المتفرقة لتخرج منها بكلمات ذات معنى. ويعنى هذا الأمر من منظور المعالجة العصبية للمعلومات أن أى تعاقب زمني معين للأصوات لابد وأن يؤدي إلى استثارة وحدات المعالجة العصبية الموجودة في منطقة محددة من الشبكة غير تلك التي قد يستثيرها تعاقب آخر لأصوات مختلفة. فالمنطقة التي تستثيرها كلمة " قطة " لابد وأن تختلف عن تلك التي تستثيرها كلمة " بطة " على سبيل المثال. ويتم تصميم وتنفيذ أغلب النظم مثل نظام ( TRACE ) الذي يعد من أول النظم الناجحة في هذا المجال بتكوين شبكة عصبية اصطناعية ثلاثية الطبقات. وتخصص الطبقة السفلى ( طبقة الإدخال ) لتلقى تيار الفونيمات ( الوحدات الصوتية المنطوقة ) والتعرف على ملامحها الصوتية المميزة وتمكن الشبكة ، عبر طبقتها الوسطى ، من التعرف عليه. وتحتوى الطبقة الوسطى للشبكة على عدد من وحدات المعالجة العصبية يماثل عدد الفونيمات. لذا بمجرد أن تتعرف الطبقة السفلى على الملامح الصوتية للوحدة الصوتية ( الفونيم ) ، يتم استثارة وحدة المعالجة المناظرة لها والموجودة في الطبقة الوسطى. والآن وبعد أن تعرفت الطبقة الوسطى على الملامح الصوتية لكل فونيم من فونيمات العبارة المنطوقة وتمكنت الطبقة الوسطى من تمييزه ، يأتي دور الطبقة العليا ( أو طبقة الإخراج ) لتتعرف على مجموعة الفونيمات التي تشكل الكلمة. فوحدات المعالجة العصبية الموجودة في هذه الطبقة هي المسئولة عن تمييز تيار الفونيمات.

## ١٩ - ٧ تطبيقات أخرى

توجد بالإضافة إلى التطبيقات التي عرضنا لها في الأقسام السابقة العديد من التطبيقات الأخرى التي تغطي مجالات مختلفة. فقد تم ، على سبيل المثال ، تطوير نظام شبكة عصبية لتمييز إشارات السونار ( Sonar Signals ) المنعكسة من أجسام مغمورة تحت الماء والتي تعتبر من المشاكل الصعبة حتى بالنسبة للإنسان. ويتكون هذا النظام من ثلاث طبقات ويعتمد على نموذج شبكات الانتشار المرتد للخطأ. وقد دربت تلك الشبكة على تمييز إشارات السونار المنعكسة من صخرة عن تلك المنعكسة من إسطوانة كليهما مغمور تحت الماء.

ومن التطبيقات غير المعتادة للشبكات العصبية تلك المتعلقة بـ " الترميز المدموج للمعلومات " ( Compact Encoding of Information ) حيث يتم تدريب الشبكة على تطوير قدرتها

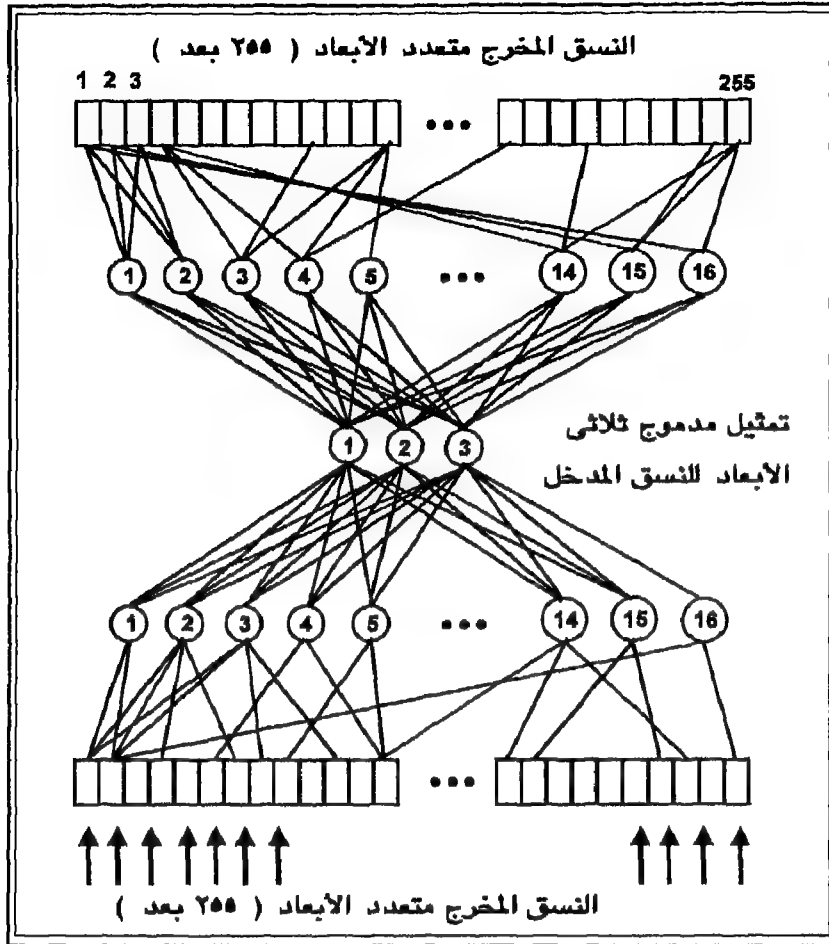
## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية

على الترميز المدموج لمجموعة من الأنساق. وفي العادة تتكون هذه الشبكات من ثلاث طبقات أو أكثر مع مراعاة صغر أحد الطبقات الخفية. وتتكون المواد التدريبية اللازمة لتدريب الشبكة على عمليات الترميز المدموج من مجموعة من الأنساق المطلوب ترميزها حيث تستخدم المعلومات المتعلقة بتلك الأنساق والمنتشرة عبر طبقات الشبكة في تعليم الشبكة كيفية إدخالها في طبقتها الخفية صغيرة الحجم. ويوضح شكل ( ١٩ - ١٢ ) نظاما للترميز المدموج للصور ( Kuzewski, Myers, and Craford 1987 ) يتكون من شبكة إنتشار مرتد للخطأ خماسية الطبقات ، طبقتان للإخراج والإدخال وثلاث طبقات خفية. وبينما تحتوى كل من طبقتي الإدخال والإخراج على ٢٥٦ وحدة معالجة عصبية ، تحتوى الطبقات الخفية مجتمعة على ٣٥ وحدة فقط موزعة كالاتى : ١٦ وحدة في كل من الطبقتين الخفيتين الملاصقتين لطبقتي الإدخال والإخراج ، وثلاث وحدات فقط للطبقة الخفية الداخلية التي تختزن التمثيل المدموج ( Compact Representation ) للصور.

ومن المشاكل الأخرى التى تم استخدام الشبكات العصبية فى حلها مشكلة "تذكر التعاقب" ( Sequence Recall ) حيث يتطلب الأمر من كل نسق ( النسق المدخل ) أن يتذكر النسق الذى يليه ( النسق المخرج ) وهكذا. وتمثل الشوشرة إحدى أوجه الصعوبة لهذه المشكلة حيث ينبغى على الشبكة تمييز النسق المدخل عن الشوشرة التى قد تصحبه.

ونختم حديثنا عن تطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية واستخداماتها المختلفة فى مختلف المجالات بواحدة من أخف تلك التطبيقات ظلا وهى استخدامها فى بناء " المخلوقات الاصطناعية " ( Artificial Creatures ). والمخلوق الصناعى هو نظام متكيف ( Adaptive ) يتحرك فى البيئة المحيطة ويستجيب لما يقع فيها. وواحد من تلك المخلوقات ، على سبيل المثال ، يستجيب للمؤثرات الضوئية الداخلة إليه من البيئة المحيطة به والتى تمثل فريسة معينة فيتحرك يسارا أو يمينا أو إلى أعلى وأسفل محاولا إقتناصها. وواحد آخر من تلك المخلوقات تم تعليمه سلوكا يماثل سلوك الفراشات فبمجرد إحساسه بوجود مصدر للضوء تراه وهو يتجه نحوه فى خطوات راقصة ويدور حوله فى رشاقة راقصة الباليه. وبالطبع لايعتبر تطوير هذه المخلوقات مضيعة للوقت بل هو تمهيد لإنشاء نظم أكثر تعقيدا ويمكنها إنتاج سلوك واستجابات أكثر تعقيدا لما يحدث فى بيئتها.

## التطبيقات العملية للشبكات العصبية الاصطناعية



شكل ( ٢١ - ١٢ )

مثال لمعمار شبكة عصبية إصطناعية تستخدم في الترميز المدموج للمعلومات



# الفصل العشرون

## الإتجاهات المستقبلية



## ٢٠ - ١ الآفاق والحدود

شهدت النماذج الحاسوبية (Computational Models) المرتكزة على الشبكات العصبية الاصطناعية تطوراً هائلاً منذ بدايتها الأولى في الخمسينات وحتى يومنا هذا وهو التطور الذي انتقل بعمارها من مرحلة المعمار الثنائي للطبقات الذي يتطلب لتنفيذه معدات حاسوبية (Hardware) معقدة إلى مرحلة محاكاة شبكات عصبية متعددة الطبقات وتحتوي على مئات الآلاف من وحدات المعالجة العصبية الأولية وذلك على الحواسيب المتوفرة حالياً. كما تطورت النماذج البيولوجية للشبكات العصبية الاصطناعية من النموذج البسيط للعصب (الخلية العصبية) الثنائي الحالات إلى نماذج أكثر تعقيداً.

وبالرغم من هذا التقدم المذهل إلا أنه مازالت هناك العديد من الأمور والمسائل التي تحد من هذا التقدم وتفرض عليه حدوداً يصعب عليه تخطيها. ومن أهم المسائل الحاكمة لهذا التطور وأكثرها تأثيراً مسألة تمثيل المعلومات (Information Representation) ومسألة زيادة (Scaling Up) حجم الشبكات. فحل المشاكل الواقعية من قبيل معالجة الرؤية والكلام باستخدام الشبكة العصبية الاصطناعية يتطلب القدرة على التعامل مع كم هائل من المعلومات سواء كان هذا التعامل تحليلياً لتلك المعلومات أو تركيباً لها أو توفيقاً بينها.

ومن ناحية أخرى يتطلب حل هذه المشاكل استخدام أعداد هائلة، تقرب بعشرات الألوف على أقل تقدير، من وحدات المعالجة العصبية الأولية (العصب). فقد بينت الدراسات الأولية أن تمييز الكلام يتطلب على الأقل ٥١٠ من تلك الوحدات بينما يرتفع هذا العدد إلى ١٠١٠ في حالة التعامل مع المرئيات. وهناك العديد من المشاكل المتعلقة بزيادة الحجم مثل زيادة الزمن اللازم لإتمام العمليات الحسابية بشكل حاد. هذا بالإضافة إلى ظهور مشكلة أوضاع الإستقرار الموضعية (Local Minima) التي تشل حركة تطور تعلم الشبكة وتحصنها في أوضاع محددة قد لا تكون هي الأوضاع المطلوبة. وأحد حلول مشكلة زيادة الحجم هو الحل المادي أو الحل الذي تقدمه هندسة المكونات (Hardware) والمتمثل في بناء معدات متخصصة مثل الدوائر المتكاملة فائقة الاندماج (Very Large Scale Integrated (VLSI)) بحيث يتلائم معمارها مع معمار النماذج المختلفة للشبكات العصبية الاصطناعية. أما الحل الثانى لهذه المشكلة فهو الحل المعنوي أو الحل الذي تقدمه هندسة البرمجيات (Software) المتمثلة في تطوير خوارزميات حل جديدة وغير تقليدية تزيد من سرعة تعليم الشبكات.

## الإنجازات المستقبلية

ويعتبر تمثيل المعلومات والمعالجة القبلية ( Preprocessing ) للمعلومات والبيانات من الأمور التي تؤثر على كفاءة أداء الشبكات العصبية خاصة في حالة تعاملها مع المشاكل الواقعية بالغة التعقيد. وترجع أهمية المعالجة القبلية للبيانات إلى أنها تقوم بأداء أعمال التجهيز ، مثل بعض عمليات التصنيف أو المطابقة أو التنقية ، مما يوفر للشبكة الوقت اللازم لأداء تلك الأعمال.

ويطلب التقدم في استخدام الشبكات العصبية دراسة متعمقة لموضوعات مثل : تقييم قدرات الشبكات التي تم تدريبها ، وإمكانية تتبع أعمالها ( Accountability ) ، ودرجة اعتماديتها ( Reliability ) . فمن أهم التحديات التي تواجه الشبكات العصبية الإصطناعية هي إثبات مقدرتها على تقديم حلول غير تقليدية وفعالة لا يمكن للطرق التقليدية المعمول بها الآن أن تقدمها.

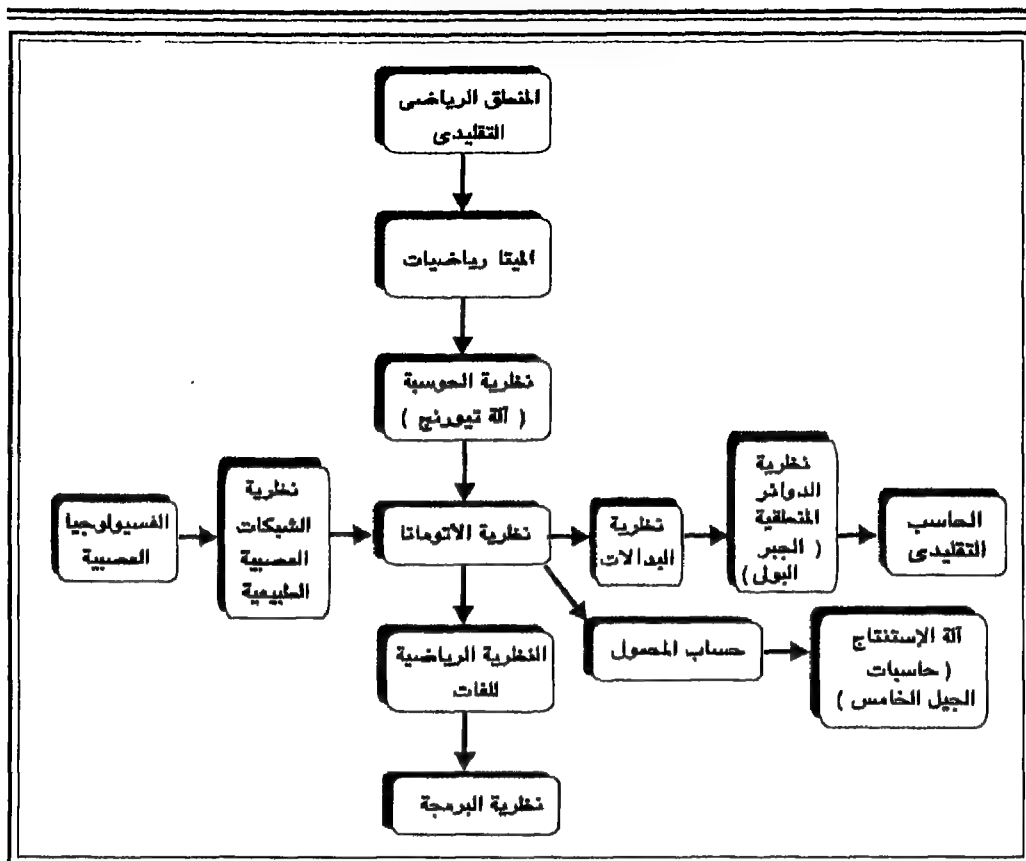
## ٢ - ٢٠ النظم العصبية الضوئية

أوضحنا في القسم السابق أن هناك أسلوبين رئيسيين لتنفيذ نظم الشبكات العصبية الإصطناعية. الأسلوب الأول ، وهو الأكثر إنتشارا على الصعيد التجارى ، يقوم على استغلال هندسة البرمجيات في تطوير محاكيات برمجية لتلك الشبكات وذلك باستخدام لغات البرمجة المتاحة ليتم بعد ذلك تشغيلها على الحواسيب التقليدية. إلا أن اتباع هذا الأسلوب يحمل في طياته تناقضا جوهريا وذلك لاختلاف الأسس والمفاهيم التي تقوم عليها مكونات نظم الحوسبة التقليدية - سواء كانت تلك المكونات مكونات معنوية كالبرمجيات ( Software ) أو كانت مكونات مادية ( Hardware ) - عن تلك التي تقوم عليها مكونات الحوسبة العصبية ( Neural Computing ) المتمثلة في الشبكات العصبية الإصطناعية بنماذجها المختلفة أنظر شكل ( ٢٠ - ١ ) .

وعلى سبيل المثال تقوم البرمجيات التقليدية على مفهوم الخوارزمية ( Algorithm ) التي هي "سلسلة من التعليمات أو الخطوات الواضحة والمحددة التي تصف بدقة بالغة كيفية الوصول إلى حل مشكلة معينة وذلك إنطلاقا من المعطيات المتوفرة " . ويتطلب تصميم وتنفيذ خوارزمية حل مشكلة معينة تحقق العديد من الشروط مثل التعريف الجيد والمحدد والواضح لهذه المشكلة ، والفرض المسبق بوجود حل مضبوط ومكتمل لها ، وتوفر بيانات دقيقة وشاملة عنها . وهي شروط لا تتوفر عادة في المشاكل التي تبرع الشبكات العصبية في حلها مثل مشكلة التعرف على الأشكال والأنساق وتصنيفها.



## الإنجازات المستقبلية



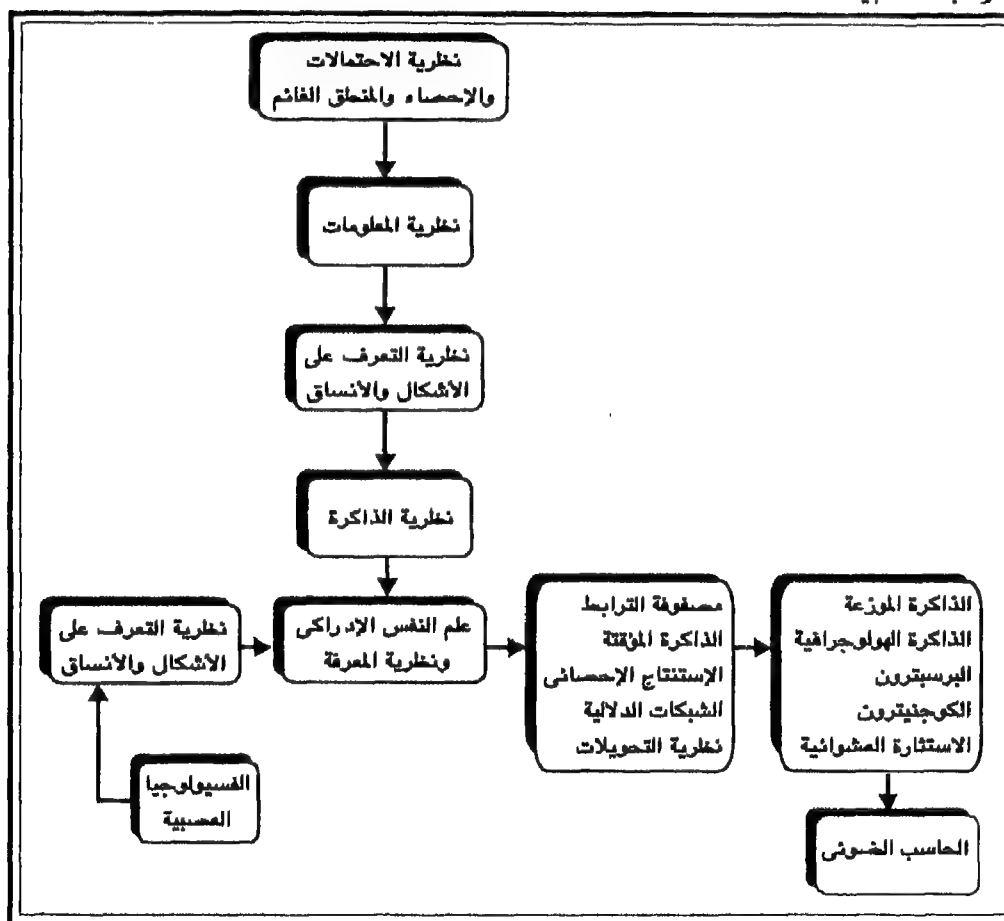
شكل (٢٠-١)

مخطط الأسس النظرية للحاسب التقليدي

وبالطبع تتطلب هذه الملامح الفريدة لنظم الحوسبة العصبية- التي تتميز بها عن غيرها من نظم الحوسبة التقليدية- مقدرة فائقة على تخزين كم هائل من البيانات والمعلومات ومقدرة على معالجتها والتعامل معها. وتقودنا هذه الحقيقة إلى الأسلوب الثاني من أساليب تنفيذ نظم الحوسبة العصبية وهو أسلوب التطوير المادى لمكوناتها. ويقتضى هذا الأسلوب بناء مكونات مادية يشبه معمارها معمار هذه الشبكات. وهذا يعنى ضرورة حشد أعداد هائلة من وحدات المعالجة الأولية بمختلف أشكالها فى حيز بالغ الصغر. وعلى الرغم من النجاحات المشهودة لتكنولوجيا تصنيع الدوائر المتكاملة فائقة الإندماج ( VLSI ) تبقى هناك حدود لا يمكن اجتيازها وهى الحدود الفيزيائية التى تفرضها طبيعة الوسيط المستخدم فى تمثيل ونقل البيانات بداخل تلك الدوائر وهو التيار الكهربائى أو الإلكترونات. إذ تؤدى زيادة عدد المكونات الموجودة على رقاقة السيليكون ( Chip ) الواحدة صغيرة الحجم إلى تقارب مسارات الإلكترونات من بعضها البعض ومن ثم تفاعلها مما يؤثر تأثيرا هداما على أداء الدائرة ككل. هذا بالإضافة إلى التأثيرات المدمرة التى تنشأ من الطاقة الحرارية المولدة من هذا الحشد من المكونات الشرهة للطاقة. وقد دفعت هذه الأمور وغيرها بالكثيرين للتفكير فى

## الإنجازات المستقبلية

استخدام وسيط آخر هو الضوء في تمثيل ومعالجة ونقل البيانات ومن ثم بناء المكونات المادية التي تحقق هذا وتقود في نهاية الأمر إلى الحاسب الضوئي. ويحقق هذا المنحى الجديد في التفكير العديد من المزايا التي من أهمها إمكانية حشد عدد ضخم من وحدات المعالجة الضوئية الأولية دون الخشية من حدوث تفاعلات مدمرة كما هو الحال عند استخدام الإلكترونيات. كما يتيح استخدام الضوء إمكانية تخزين كم هائل من البيانات وإمكانية استرجاعها في زمن يقل بطريقة مذهلة عن ذلك اللازم لاسترجاعها من وسائل التخزين التقليدية. ويوضح شكل (٢-٢٠) مخططاً للأسس النظرية التي يقوم عليها الحاسب الضوئي. وهكذا تقدم المعالجة الضوئية للبيانات أسساً مادية جديدة لبناء وتنفيذ نظم الحوسبة العصبية.



شكل (٢-٢٠)

مخطط الأسس النظرية للحاسب الضوئي

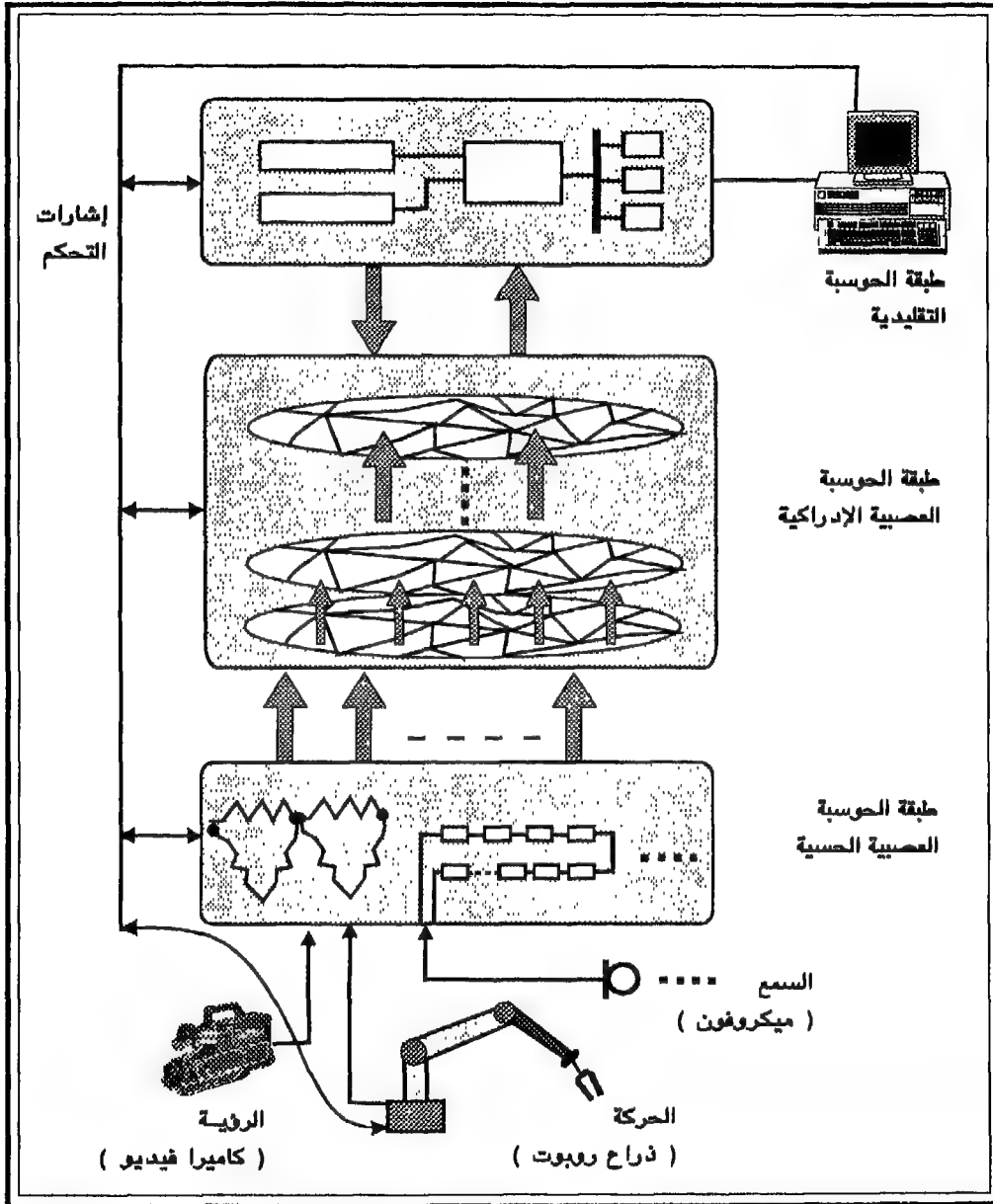
## ٢٠ - ٢ الحوسبة في المستقبل : رؤية شاملة

والآن وبعد أن استعرضنا في فصول الكتاب المختلفة المنطلقات البيولوجية والأسس النظرية للحاسب العصبى بوصفه رؤية جديدة للحوسبة ( Computing ) تختلف اختلافا جوهريا عن الرؤية التقليدية التى سادت عالم الحوسبة حتى يومنا هذا ، وبعد أن استعرضنا التطبيقات العملية له فى مختلف المجالات ، وبعد أن أوضحنا بعض القيود التى تحد من استغلال كافة إمكانياته ، وبعد حديث موجز عن الآفاق التى تفتحها المعالجة الضوئية أمام التنفيذ المادى لمكونات الحاسب ، بعد هذا كله يكون من حقنا التساؤل عن مكان ومكانة هذا الحاسب العصبى فى إطار الحوسبة فى المستقبل. فالحساب العصبى يقدم الكثير من الأفكار الأصلية والتقنيات المستحدثة للباحثين فى شتى فروع العلم والمعرفة. فهو يقدم للباحثين فى الفسيولوجيا العصبية خلفية تساعد على تفسير مشاهداتهم العملية فى مجالات الحس المختلفة من رؤية وسمع وغيرها ، وهو يقدم لعلماء الرياضيات تقنيات جديدة لحل العديد من المشاكل المعقدة مثل مشكلة الأمثلة ( Optimization ) ومشكلة البائع المتجول ( Salesman Problem ) ، وهو يتيح لعلماء الفيزياء فرصة لاختبار نظريات ونماذج جديدة لسلوك المادة. والسؤال الآن هو عما يمكن أن يقدمه هذا الحاسب لمجال الحوسبة وعن كيفية احتواء ما جاء به من أفكار وتقنيات ضمن آليات الحوسبة التقليدية الحالية لتتضفى عليها قدرات جديدة نفتقدها اليوم.

ويمكن إيجاز نتائج الجهود المبذولة للإجابة عن هذا السؤال فى مخطط لمعمار نظام حوسبة عام يتضمن ثلاث طبقات رئيسية هى : أنظر شكل ( ٢٠ - ٢ ).

- ☐ طبقة الحوسبة التقليدية.
- ☐ طبقة الحوسبة العصبية الإدراكية ( Cognitive ) ، وهى الطبقة التى تحتوى على الشبكات العصبية الاصطناعية التى تحاكي آليات الإدراك عند الإنسان وتتطلب استخداما مكثفا للمعرفة والخبرة وتحتاج إلى تعلم وتدريب وذلك مثل عمليات فهم وتفسير المرئيات والمسموعات. وقد تعرضنا فى أكثر من موضع لمثل هذه الشبكات.
- ☐ طبقة الحوسبة العصبية الحسية ( Sensory ) ، وهى الطبقة التى تحتوى على الشبكات العصبية الاصطناعية المستخدمة فى محاكاة عمليات الحس المختلفة وفى التمييز بين الأشكال المختلفة للمؤثرات البيئية المختلفة التى تدخل إلى النظام العام للحوسبة عبر معدات أو أجهزة ، سواء كانت تلك المؤثرات مرسية تدخل إلى النظام عبر كاميرا فيديو ، أو مسموعة تدخل إليه عبر ميكروفون ، أو حركية يستشعرها من خلال ذراع روبوت ، أو كانت على هيئة قياسات تقوم بها مستشعرات ( Sensors ) مثبتة فى مكان أو آخر.

## الإنجازات المستقبلية



شكل (٢٠-٣)

معمار نظام الحوسبة المستقبلية

## الإتجاهات المستقبلية

وترتكز التفرقة بين كل من طبقة الحوسبة العصبية الحسية وطبقة الحوسبة العصبية الإدراكية على أساس أن مكونات الطبقة الأولى ذات وظيفة ثابتة ومحددة ولا تتطلب تدريباً أو تعليماً كما هو الحال مع مكونات الطبقة الإدراكية. إذ تقتصر وظيفة تلك المكونات على استشعار ما يحدث في الواقع من أحداث وعلى التفرقة بين أشكاله المختلفة وتقديم خلاصة ما تستشعره إلى مكونات الطبقة الثانية لتقوم هي بفهمه وتفسيره. فعلى سبيل المثال لو كان مطلوباً من النظام إكتشاف وجود صندوق مستطيل، سيكون من الأسهل أن تقدم الطبقة الحسية للطبقة الإدراكية الملامح العامة التي تميز الصندوق المستطيل عن غيره من الأشكال الأخرى للصنابق وذلك بغض النظر عن زاوية النظر إليه أو عن زاوية إضاءته. وبوضح شكل ( ٢٠ - ٤ ) مخططاً لبيان توزيع وتكامل الأدوار بين طبقة الحس وطبقة الإدراك. ويتضح من هذا الشكل أن دور مكونات الطبقة الحسية يقتصر على استخراج الملامح العامة للصندوق المستطيل متمثلة في الهيئة التي تنتظم عليها حوافه لتقدمها بعد ذلك للطبقة الإدراكية على صورة " إكتش " وتتلقى الطبقة الإدراكية هذا الإكتش لتفسره وتذكر أنه يمثل صندوقاً مستطيلاً.

## ٢٠ - ٤ أمثلة لبعض مكونات نظم الحوسبة العصبية الحسية

تعد إنجازات ميد ( Mead, ١٩٨٩ ) ورفاقه من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا من أبرز أمثلة مكونات طبقة الحوسبة العصبية الحسية. فقد أتم هذا الفريق بنجاح بناء العديد من النظم التناظرية ( Analog ) المرتكزة على التطوير المادي لمعمار الشبكات العصبية الاصطناعية. ومن أهم تلك النظم :

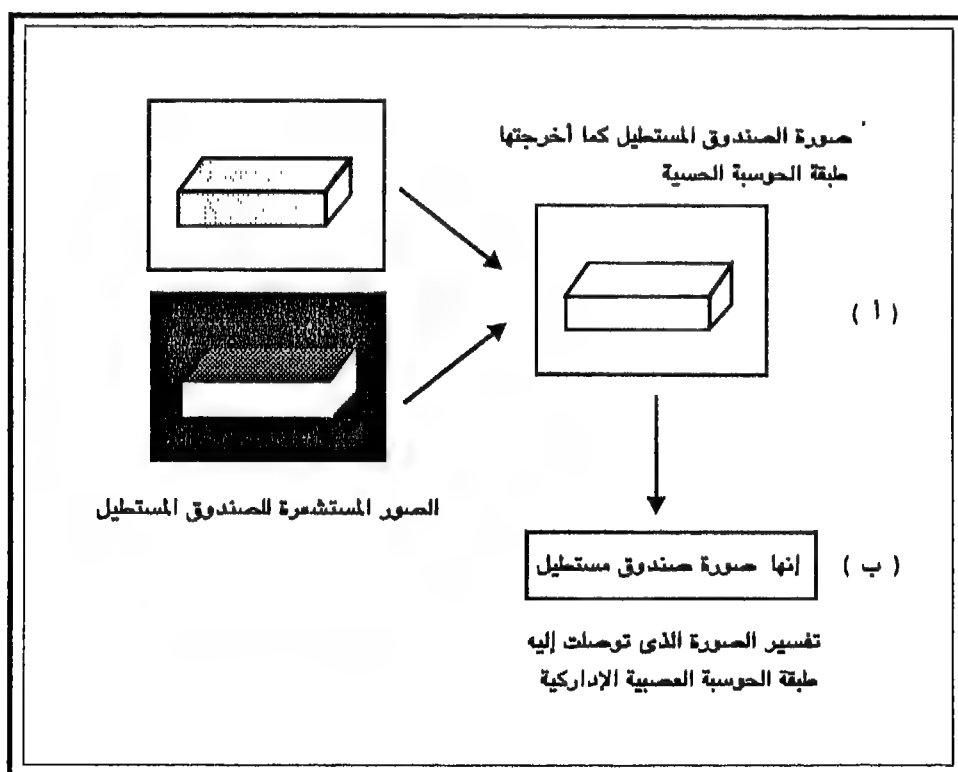
- نظام سي هير ( SeeHear ) ، وهو نظام مصمم لمساعدة المكفوفين على استشعار المصادر الضوئية.
- نظام إستشعار ضوئي لحركة الأجسام.
- أذن داخلية ( Cochlea ) إلكترونية.

ويتكون نظام سي هير الموضح بالشكل ( ٢٠ - ٥ ) من رقاقة سيلكون عليها شبكة عصبية اصطناعية تتكون من ثلاثة أنواع مختلفة من وحدات المعالجة الأولية التي تختلف وظيفة كل نوع منها عن وظيفة النوع الآخر. وهدف هذا النظام هو مساعدة الشخص الكفيف على الإحساس بوجود المصدر الضوئي وعلى تحديد إتجاهه وارتفاعه بالنسبة لرأس الكفيف. ويتم هذا الأمر بتحويل المؤثرات الصوتية التي تتلقاها كاميرا الفيديو المثبتة على رأسه إلى مؤثرات صوتية تصل إلى أذنيه

## الإنجازات المستقبلية

عبر السماعات المثبتة عليهما. ويقوم عمل النظام على أساس مبدئين من مبادئ عملية السمع هما : مبدأ الـ " إستريوفونية " ( Steriophonic ) فى استشعار إتجاه الصوت ، ومبدأ " تأثير الغضروف " ( Pinna-Tragus Effect ) لتحديد مدى علو مصدر الصوت بالنسبة لرأس الإنسان. وطبقا لمبدأ الإستريوفونية ينشأ الإحساس باتجاه الصوت نتيجة لاختلاف توقيت وصوله لإحدى الأذنين عن توقيت وصوله للأخرى وذلك إن كان اتجاه قدوم الصوت غير منطبق على امتداد مركز الدماغ. وتتم محاكاة هذا التأثير بواسطة أولى أنواع وحدات المعالجة الأولية وهى " عناصر التأخير الإتجاهى " ( Directional Delay Elements ).

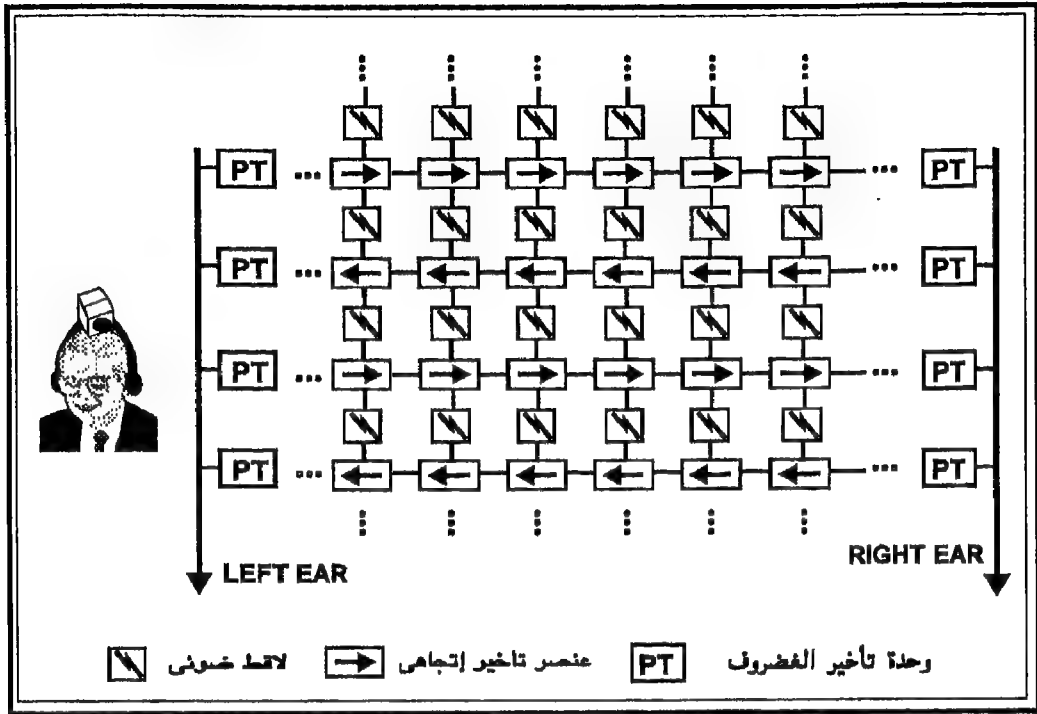
أما نظام الإستشعار الضوئى لحركة الأجسام فيعتمد فى عمله على أن تغير إستضاءة جسم ما أو التدفق الضوئى ( Optical Flow ) القادم منه - كما تستشعرها عين الكائن الحى- إنما ترتبط بسرعة واتجاه حركة هذا الجسم.



شكل ( ٢٠ - ٧ )

تقسيم العمل بين طبقتى الحوسبة ( أ ) الحسية ( ب ) الإدراكية

## الاتجاهات المستقبلية

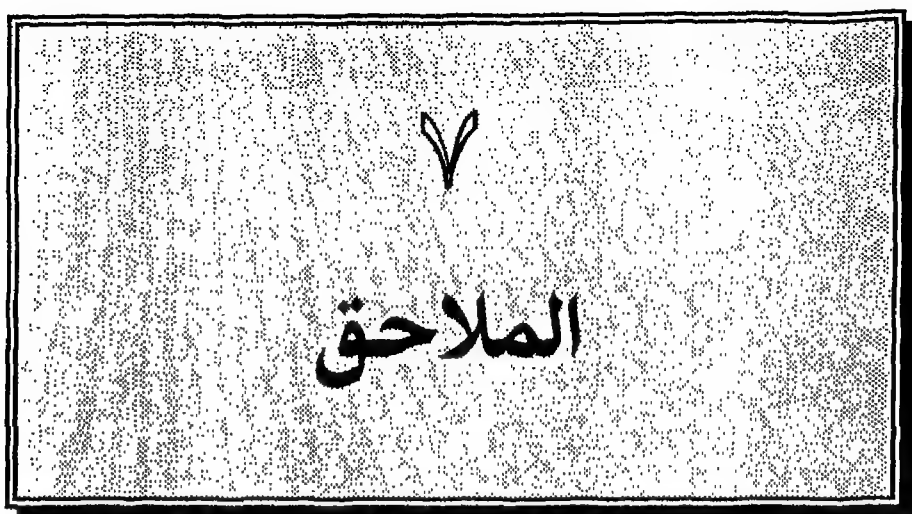


شكل (٨-٢٠)

مخطط مبسط لمعمار نظام سي هير ( SeeHear )









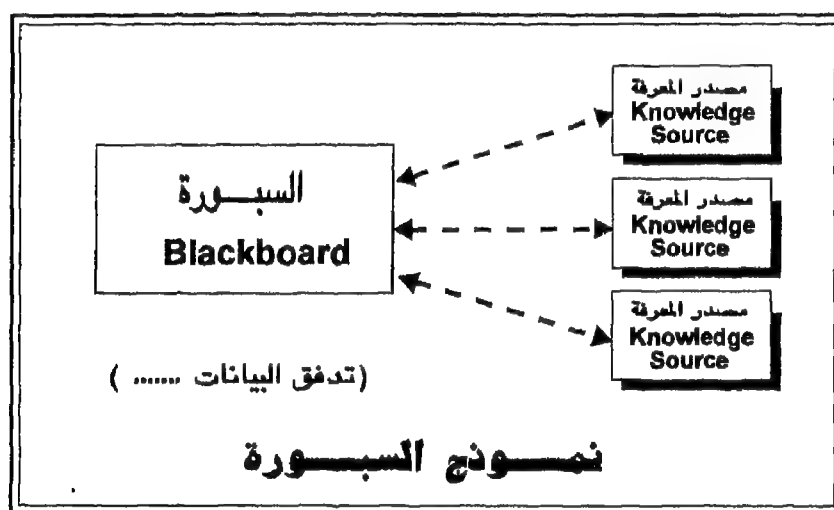
ملحق ( ١ )

معمارية السبورة

( Blackboard Architecture )



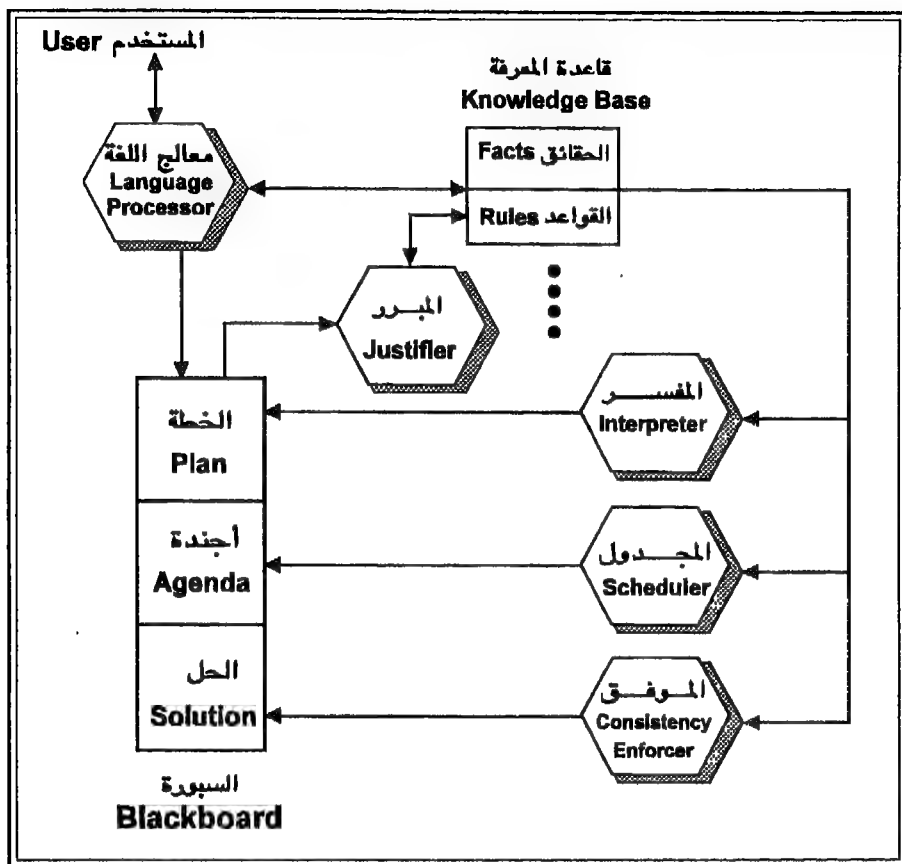
تستخدم معمارية السبورة ( Blackboard Arvhitecture ) فى بعض النظم الخبيرة مثل نظام ( HEARSAY-II ) ونظام ( HASP ). وترتكز معمارية السبورة على استخدام مجموعات مستقلة من قواعد المعرفة يطلق على كل منها اسم "مصدر المعرفة" ( Knowledge Sources ) ويعتبر كل منها مصدرا للخبيرة فى جزئية قائمة بذاتها من جزئيات المشكلة المعروضة على النظام الخبير لحلها. وتتصل مصادر المعرفة فيما بينها من خلال قاعدة بيانات مركزية ( Central Database ) يطلق عليها اسم السبورة ( Blackboard ) وذلك كما يتضح من الشكل التالى :



شكل ( ١ )

وتقوم مصادر المعرفة بتبادل الرسائل والمعلومات فيما بينها بوضعها على السبورة. وتحتوى المعلومات المتبادلة أساسا على نتائج مرحلية ( Intermediate Results ) وفرضيات ( Hypothesis ) تستخدم لحل المشكلة المعروضة على النظام الخبير. ويمكن اعتبار كل مصدر للمعرفة ( KS ) ( Knowledge Source ) كقاعدة معرفة تشتمل على مجموعة من القواعد ( Rules ) والحقائق ( Facts ) كما تشتمل معمارية السبورة على مجموعة للتحكم ( Control ) والتي تقوم بالملاحظة المستمرة لمصادر المعرفة وجدولة تدفق العمل فيما بينها وحل أى تعارض ينشأ بينها والمراقبة المستمرة لأى تغييرات فى البيانات الموجودة بالسبورة وتقرير ماسيتم اتخاذه من خطوات تالية بالإضافة إلى دمج التقديرات والتقييمات المتعددة والواردة من مختلف مصادر المعرفة. ولتنفيذ ذلك فإن وحدة التحكم تتكون عادة من ثلاثة أجزاء رئيسية هى المفسر ( Interpreter ) والمجدول ( Scheduler ) والموفق ( Consistency Enforcer ).

ويتم وضع المعلومات بالسبورة بأسلوب هرمي وتقسم بصفة عامة إلى ثلاثة مستويات مختلفة هي ( Solution Panel , Control Panel, Control Data Panel ). ويوضح الشكل التالي المكونات الأساسية لنظام خبير مثالي يستخدم معمارية السبورة (Blackboard Architecture).



شكل (٢)

ملحق ( ٢ )

قائمة المصطلحات





Abstraction.....	تجريد
Activation.....	إستثارة
Actuator .....	المشغل أو المحرك
Algorithmic .....	خوارزمي
Allophone.....	صوتيات الكلمة ( ألفون )
Ambiguity .....	غموض
Argument .....	معامل
Arithmetic Operations .....	العمليات الرياضية
Artificial.....	إصطناعي
Artificial Intelligence .....	الذكاء الإصطناعي
Artistic Creativity .....	الإبداع الفني
assign.....	يخصص
Atom .....	عنصر لايمكن تجزئته ( ذرة )
Attributes .....	صفات مميزة
Automatic Programing .....	البرمجة الآلية
Backtracking.....	البحث الراجع
Backward Chaining .....	التسلسل الراجع ( المتقهقر )
BASIC .....	لغة البيزيك
Binary.....	ثنائي
Binary Tree.....	الشجرة الثنائية
Bisociation .....	ترافق ثنائي
Blackboard Architecture.....	معمارية السبورة
C - Language .....	لغة سي
Category.....	صنف - نوع
Certainty Factor .....	معامل المصادقية ( الثقة )

Chain of Reasoning .....	سلسلة الاستنتاج
Cognitive Sciences .....	علوم إدراكية
Combinatorial Explosion.....	إنفجار إندماجى
Common Sence .....	حس عام
Comparison.....	مقارنة
Compound Predicate .....	مسند مركب (محمول مركب)
Complex Numbers.....	الأعداد المركبة
Computer Assisted Instruction (CAI) .....	التدريس بمساعدة الحاسب
Computer Vision .....	الرؤية بالحاسب
Conjunctions.....	أدوات الوصل (المنطقية)
Constant .....	ثابت
Contradictions.....	تناقضات
Creative Thinking .....	التفكير الإبداعى
Creativity .....	الإبداع
Cut Operator .....	مؤثر القطع
Data .....	بيانات
Databases.....	قواعد البيانات
Data - Directed .....	موجهة بالبيانات
Data Processing .....	معالجة البيانات
Deductive Machine .....	آلة استنباط
Defence Science Board .....	هيئة علوم الدفاع
Degrees of Freedom.....	درجات الحرية
Diagnosis .....	تشخيص (الأعطال أو الأمراض)
Diagnostic Program.....	برنامج تشخيص
Dictionary .....	قاموس

Domain Expert .....	خبير المجال
Domain Knowledge .....	المعرفة الخاصة بالمجال
Dynamic .....	ديناميكي
Elbow .....	مرفق
Electronic Actuator.....	محرك إلكتروني
Electronic Signals .....	نبضات إلكترونية
End Effector .....	المؤثر النهائي
Environment .....	البيئة
Evaluation Functions .....	دوال التقييم
Exhaustive Search .....	البحث الشامل
Expert Shell .....	غلاف خبير
Expert System (ES) .....	النظام الخبير
Expert System Building Tool .....	أداة بناء النظام الخبير
Expertise .....	خبرة
Experts .....	خبراء
Explanation Facility .....	وسيلة الشرح
Fact .....	حقيقة - بيان صحيح
Facts .....	حقائق
Feature .....	صفة أو خاصية
Feature-Based Description .....	التمثيل المبني على الخصائص
Feedback .....	التغذية العكسية
Fingers .....	أصابع
Flexible .....	مرن
Floating Point Numbers .....	الأعداد الحقيقية (تحتوى على العلامة العشرية)
Formal .....	مصاغ

Formalization .....	صياغة
FORTTRAN .....	لغة فورتران
Forward Chaining .....	التسلسل المتقدم
Forward Search .....	بحث متقدم
Frame .....	إطار
Frame-Based Methods .....	الطرق المبنية على الأطر
Global .....	عام - شائع
Goal-directed .....	موجه بالهدف
Grammatical .....	لغوي
Gripper .....	ماسك
Heuristic .....	الحكم (الحكم على الأشياء بالخبرة) (تجريبى)
Heuristic Rule .....	قاعدة تجريبية
Hierarchy .....	هرمى (مرتب ترتيب هرمى)
Humor .....	فكاهة
Hybrid Systems .....	نظم مختلطة
Hydraulic Actuator .....	محرك هيدروليكي
Image Recognition .....	التعرف على الصور
Image Understanding .....	فهم الصور
Imprecision .....	عدم التحديد ( عدم الدقة )
Incompleteness .....	عدم الكمال
Induction .....	إستقراء
Inference .....	إستدلال ( إستنتاج )
Inference Chain .....	سلسلة الاستدلال
Inference Engine .....	آلة الاستدلال
Inference Hierarchy .....	هرمية الإستنتاج

Inference Method .....	طريقة الاستدلال
Inference Net .....	شبكة الاستدلال
Informal .....	غير مصاغ
Information .....	معلومات
Information Processing .....	معالجة المعلومات
Information Systems.....	نظم المعلومات
Inheritance Hierarahy.....	هرمية التوارث
Initial.....	إبتدائي
Insects .....	حشرات
Integer Numbers .....	الأعداد الصحيحة
Intellectual Creativity.....	الإبداع الفكري
Intelligence.....	ذكاء
Intelligence Quotient (IQ) .....	نسبة (معامل) الذكاء
Intelligent Computers.....	الحاسبات الذكية
Intelligent Robot .....	الانسان الآلى الذكى
Interconnection.....	وصلة بينية
Interpreter .....	مفسر
Jokes.....	فكاهات
KIPS.....	نظام معالجة المعارف والمعلومات
Knowledge.....	المعرفة
Knowledge Acquisition .....	إكتساب المعرفة
Knowledge Base .....	قاعدة المعرفة
Knowledge Based System .....	نظام مبنى على المعرفة
Knowledge Engineer.....	مهندس المعرفة
Knowledge Engineering .....	هندسة المعرفة

Knowledge Industry .....	صناعة المعرفة
Knowledge Processing .....	معالجة المعارف
Knowledge Representation .....	تمثيل المعرفة
Knowledge Source .....	مصدر المعرفة
Knuckles .....	مفاصل
Large Scale Electronic Circuits .....	الدوائر الإلكترونية الضخمة
Learning .....	التعلم
Linguists .....	علماء اللغة ( لغويون )
LISP .....	لغة ليسب
List .....	قائمة
Local Variables .....	متغيرات محلية
Logic Gate .....	بوابة منطقية
Logic programming .....	البرمجة المنطقية
Logical Operator .....	مؤثر منطقي
Machine Translation .....	الترجمة الآلية
Mainframes .....	الحاسبات الآلية الكبيرة
Majority Threshold .....	حد الأغلبية
Manipulator .....	الذراع الميكانيكية
Matching .....	مضاهاة
Metaknowledge .....	المعرفة الذاتية ( المعرفة عن المعرفة )
Microcomputers .....	الحاسبات الآلية الصغيرة
Microconnections .....	الترابطات ( التوصيلات ) الدقيقة
Mobile Robot .....	الانسان الآلى المتحرك
Model .....	نموذج
Modeling .....	نمذجة

Modularity.....	تجزئية
Multifunction.....	متعدد الوظائف
Natural languages.....	اللغات الطبيعية
Natural Language Processing .....	معالجة اللغات ( الطبيعية )
Neural Impulse .....	نبضة عصبية
Neuron .....	خلية عصبية
Numerical Computations .....	حسابات عددية
Numerical Processing .....	معالجة عددية
Object Oriented Languages .....	لغات البرمجة الشيئية
Object Oriented Methods.....	الطرق الموجهة للهدف
Opacity.....	الابهام - الغموض
Operations.....	عمليات
Operator.....	مؤثر
Optical Scanner.....	ماسح الصور الضوئي
Optimization .....	أمثلة
Parallel Processors .....	المعالجات المتوازية
Parser.....	معرب الجملة
Pattern Matching .....	مضاهاة الأنساق
Phoneme .....	صوتيات الحرف في الكلمة
Physical .....	مادى
Planning and Decission Support .....	التخطيط ودعم القرار
Playback Control .....	التحكم بإعادة الحركة
Pneumatic Actuator.....	محرك هوائى
Poetry .....	الشعر
Precession .....	دقة

Predicate .....	المسند ( المحمول )
Predicated Calculus .....	الجبر الإسنادى ( حساب المحمول )
Premise .....	مقدمة ( منطقية )
Prepositional Phrase .....	شبه جملة جار ومجرور
Procedural Languages .....	لغات إجرائية
Processor.....	المعالج ( وهو عقل الحاسب الآلى )
Production Rule .....	قاعدة الانتاج
Productivity .....	الإنتاجية
PROLOG .....	لغة بولوج
Qualitative .....	كيفى
Query .....	استفسار
RAM (Random Access Memory) .....	ذاكرة الوصول العشوائى
Real -World Problems .....	مشاكل واقعية
Reasoning Processes .....	عمليات إستدلالية
Recursive Procedure .....	إجراء تكرارى
Recursion .....	التكرار الذاتى
Recursive Transition Networks (RTN).....	شبكات الانتقال التكرارى
Relative Clause .....	جملة الصلة
Repetitive Operation .....	عملية تكرارية
Reserved .....	محجوز
Rhyme .....	قافية - سجع
Rhyming Couplet .....	مقاطع شعرية
Robot .....	الروبوت (الانسان الآلى)
Robot Vision .....	الرؤية للانسان الآلى
Robotics .....	الروبوتيات



Rule .....	قاعدة
Rule - Based Methods .....	طرق مبنية على القواعد
Rule - Based System .....	نظام مبنى على القواعد
Rules .....	قواعد
Rules of Thumb .....	القواعد المبنية على التجربة
Scheduler.....	مخطط أو جدول
Scheme .....	هيئة
Search .....	بحث
Search Space .....	مجال البحث
.....	دلالى
Semantic Net .....	شبكة دلالية
Semantic Relationships .....	العلاقات الدلالية
Sensor .....	جهاز إدراك ( مستشعر )
Sentence .....	جملة
Sentence Generator .....	مولد الجمل
Serial .....	متعاقب - متتالى
Servo Robot .....	انسان آلى مؤازر
Shoulder .....	كف
Signal Processing .....	معالجة النبضات
Simulation .....	محاكاة
Slot .....	شق ( حيز ضيق )
Software .....	برمجيات الحاسب
Space Invaders .....	غزاة الفضاء
Speech Analysis .....	تحليل الكلام
Speech Recognition.....	التعرف على الكلام

Speech Understanding.....	فهم الكلام المنطوق
Statement .....	جملة
Structure .....	تركيب ( بنية )
Subroutine .....	برنامج فرعى
Support Tools .....	الأدوات المساعدة
Syllable .....	المقطع اللفظى من الكلمة
Syllogism .....	معالجة رمزية
Symbolic Processing .....	معالجة رمزية
Symbolic Programming Languages .....	لغات البرمجة الرمزية
Symbolic Reasoning .....	الاستدلال الرمزي
Symbols .....	رموز
Text Understanding .....	فهم النصوص بالحاسب
Tool .....	أداة
Tool Builder.....	أداة بناء
Tools For Knowledge Engineering .....	أدوات هندسة المعرفة
Toy Domains .....	مجالات دميوية
Toy Problem .....	مشكلة دميوية
Turbo Pascal .....	لغة باسكال السريعة
Uniformity .....	التماثل
Values .....	قيم
Variables .....	متغيرات
Verbal Creativity .....	الإبداع اللفظى
Verse.....	قصيدة شعرية - بيت من الشعر
Vocabulary .....	مفردات
Wrist .....	رسغ

# ملحق (٣) قائمة المراجع



- Aleksander, I. *"Designing Intelligent Systems : An Introduction"*, New York: UNIPUB, 1984.
- Allen, J., *"Natural Language Understanding"*, Benjamin Cummings, 1987.
- Alty, J.L. and M.J. Coombs, *"Expert Systems : Concepts and Examples"*, NCC Publications, 1984.
- Andrew, A.M. *"Artificial Intelligence"*, Abcus, 1983.
- Barr , A. , P.R. Cohen and E. Feigenbaum , *"The Handbook of Artificial Intelligence"* , Addison-Wesley , 1986
- Boden, M., *"Artificila Intelligence and Natural Man"*, Harveser Press, 1997.
- Bolc, L. (ed.), *"Representation and Processing of Natural Language"*, Macmillan, 1980.
- Brachman, R. and H. Levesque, eds. *"Readings in Knowledge Representation"*. Los Altos, CA: Morgan Kaufman Publishers, 1985.
- Brownston, L., R. Farrel, E. Kant, and N. Martin *"Programming Expert Systems in OPS5. An Introduction to Rule-Based Programming. Reading"*, MA: Addison-Wesley, 1985.
- Cercone, N.J. *"Computational Linguistics"*, Pergamon, 1983.
- Charniak, E. and D. M. McDermott. *"Introduction to Artificial Intelligence. Reading"*, MA: Addison-Wesley, 1985.

- Coombs, M. J. *"Development in Expert Systems"*. London: Academic Press, 1984.
- Davis, Randall. *"Expert Systems: Where Are We? And Where De We Go From Here?"* The AI Magazine, 3 , no. 2 (Spring 1982).
- Davis, R. and D. B. Lenat. *"Knowledge-Based Systems in Artificial Intelligence"*. New York: McGraw-Hill International Book Co., 1982.
- Emrich, M. L. Energy Division, *"Expert Systems Tools and Techniques"*. Prepared by Oak Ridge National Laboratory for the U.S. Department of Energy under contract No. DE-AC05-84OR21400, August 1985.
- Fischler, M.A. and O. Firschein, *"Intelligence: the Eye, the Brain and the Computer"*, Addison-Wesley, 1987.
- Forsyth, R., *"Expert Systems : Principles and Case Studies"*, Chapman and Hall Computing, 1984.
- Gaines, B. and M. Shaw, *"The Art of Computer Conversation"*, Prentice-Hall International, 1984.
- Garnham, A., *"Artificial Intelligence - an Introduction"*, Routledge and Kegan Paul, 1987.
- Gevarter, W. B. *"Artificial Intelligence, Expert Systems, Computer Vision, and Natural Language Processing"*. Park Ridge, NJ: Noyes Publications, 1984.
- Grishman, R., *"Computational Linguistics"*, Cambridge University Press, 1986.
- Harmon, P. and D. King. *"Expert Systems: Artificial Intelli-*

*gence in Business*". New York: John Wiley, 1985.

- Harris, M.D., *"Introduction to Natural Language Processing"*, Prentice-Hall, 1985.
- Hayes-Roth, F., A. Waterman, and D. B. Lenat, eds. *"Building Expert Systems"*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1983.
- Hu, D. *"Expert Systems for Software Engineers and Managers"*. New York: Chapman & Hall, 1987.
- Jackson, P., *"Introduction to Expert Systems"*, Addison-Wesley, 1986.
- Johnson, T. *"The Commercial Application of Expert Systems Technology"*. London; Ovum Ltd., 1985.
- Michie, D. (ed.), *"Introductory Readings in Expert Systems"*, Gordon and Breach Science, 1982.
- Naylor, Chris. *"Build Your Own Expert System"*. Halstead Press, a division of John Wiley & Sons. 1983.
- Negoita, C. V. *"Expert Systems and Fuzzy Systems"*. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Pub. Co., 1985.
- O'Shea, T. and M. Eisenstadt (eds.), *"Artificial Intelligence-Tools, Techniques and Applications"*, The Open University, Harper and Row, 1984.
- Reboh, R. *"Knowledge Engineering Techniques and Tools for Expert Systems"*. Software Systems Research Center, Linkoping University, Sweden, 1981.
- Rich, E. *"Artificial Intelligence"*. New York: McGraw-Hill, 1983.

- Sell, Peter S. *Expert Systems-A Practical Introduction*. MacMillan Publishers Ltd. (in Great Britain) and Halstead Press, A division of John Wiley & Sons, Inc. ( in the U.S.), 1985.
- Shafer, G. "*Probability judgment in artificial intelligence and expert systems*". Working paper 165, School of Business, University of Kansas, 1984.
- Waterman, D.A., "*Guide to Expert Systems*", Addison Wesley, 1985.
- Weiss, S. M. and C. A. Kuliwoski. "*A Practical Guide to Designing Expert Systems*". Totwa, NJ: Rowman and Allanheld, 1984.
- Winograd, T., "*Understanding Natural Language*", Academic Press, 1972.
- Winston, P., "*Artificial Intelligence*", (2nd edn.), Addison-Wesley, 1984.



# ملحق (٤) مجموعة كتب دلتا



## ١ الحاسبات الإلكترونية حاضرها ومستقبلها

يعتبر هذا الكتاب من أهم الكتب التي يحتاج القارئ إليها سواء كان في بداية طريق دراسة علوم الحاسب أو قطع شوطا كبيرا في هذا المجال . ذلك لأن هذا الكتاب يتضمن معلومات عن كل مايتعلق بتكنولوجيا الحاسب بدءا من إستعراض تطور الحاسبات من حيث المكونات المادية والبرامج وتطور نظم التشغيل وانتهاء بلغات الجيل الرابع ونظم دعم القرار مروراً بجميع الموضوعات التي تشغل المتخصصين في مجال الحاسب مثل تعريب الحاسبات ولغات الحاسب بالإضافة إلى البرامج التطبيقية المختلفة مثل نظم إدارة قواعد البيانات والجداول الإلكترونية وبرامج تنسيق الكلمات ونظم إدارة المشروعات ونظم التصميم الهندسى هذا بالإضافة إلى موضوعات أمن البيانات وفيروسات الحاسب . ويحتوى هذا الكتاب على جزء خاص بمستقبل تكنولوجيا الحاسبات يتضمن الذكاء الاصطناعى والنظم الخبيرة والبرمجة الشيئية (Object Oriented) والمعالجة العصبية للمعلومات (Neural Networks) ومعالجة اللغات الطبيعية واللغة العربية بالحاسب والكثير من الموضوعات الأخرى المرتبطة بهذا المجال . والكتاب يحتوى على ما لا يقل عن ٨٥٠ صفحة موزدة بأكثر من ٥٠٠ شكل توضيحي .

## ٢ دائرة معارف الحاسب الإلكتروني

يعتبر هذا الكتاب من المراجع العلمية المتميزة في مجال تكنولوجيا المعلومات . فهو إلى جانب ما يتمتع به من دقة وشمول فإن أسلوبه يتميز بالسهولة والوضوح دون الإخلال بالمضمون العلمى . والكتاب لا يقتصر على الترجمة الدقيقة لمصطلحات الحاسب ، وإنما يوفر أيضا الشرح التفصيلي لهذه المصطلحات وأى معلومات مرتبطة بها . وقد روعى عند إعداد هذه الموسوعة أن يجد فيها القارئ كل غايته ، بدءا من القارئ العادى الذى يسعى إلى الحصول على المعلومات البسيطة الشاملة ، وانتهاء بالقارئ الفنى والمتخصص الذى يسعى إلى الحصول على

معلومات فنية دقيقة. لذلك فقد تم تغذية الموسوعة بأخر ماوصل إليه العلم فى مجال تكنولوجيا المعلومات لملاحقة التطور السريع فى هذا المجال. ويحتوى الكتاب على ما لا يقل عن ألف ومائتى مصطلح مرتبة بالترتيب الهجائى للحروف حتى يستطيع القارئ بسهولة الوصول إلى المصطلح المطلوب. ويصل عدد صفحات الكتاب إلى ٥٠٠ صفحة مزودة بما يزيد عن ٣٠٠ شكل توضيحي

### ٣ المرجع الشامل لنظام التشغيل (DOS)

يعتبر هذا الكتاب من المراجع العربية المتميزة التى تتناول نظام التشغيل (DOS) وتوضح خصائصه الفنية وأوامره ووظائفه بشرح يتصف بالبساطة إلى جانب الدقة والشمول . والكتاب لا يقتصر على نظام التشغيل (DOS) فقط ، ولكنه يتناول أيضا نظام التشغيل (DOS-4)، (DOS-5) ، (DRDOS-6) بالإضافة إلى نظام النوافذ (Windows) الذى يوفر التفاعل الجيد بين المستخدم والحاسب . كما يتناول الكتاب أيضا أهم الأدوات المساعدة لنظام التشغيل (DOS) مثل برنامج (PC Tools) وبرنامج (Norton). وهى الأدوات التى تساعد المستخدم على إستعادة الملفات المسحوخة بطريق الخطأ وكذلك فحص القرص واكتشاف أعطاله وإصلاحها وتحسين أداء القرص وتحسين أداء الحاسب بصفة عامة . كما يتناول الكتاب أيضا أهم السلبيات والمشاكل التى يمكن أن يتعرض لها نظام التشغيل (DOS) ممثلة فى فيروسات الحاسب مع توضيح أخطار هذه الفيروسات وطرق التغلب عليها والوقاية منها . والكتاب يتكون من ستة أجزاء بالإضافة إلى الملاحق ، ويزيد عدد صفحاته عن ٦٥٠ صفحة محتوية على مايزيد عن ٦٠٠ شكل توضيحي .

### ٤ عالم الجداول الإلكترونية (بين الدارة والتطبيق)

يعتبر هذا الكتاب من أهم الكتب التى تناولت برامج الجداول الإلكترونية بالشرح التفصيلي الدقيق مع الأسلوب السهل الواضح . ورغم أنه يشرح ثلاثة من البرامج تمثل أقوى

برامج الجداول الإلكترونية على الإطلاق وهي برامج :

LOTUS 123 - EXCEL - QUATRO PRO

إلا أنه يتضمن أيضا شرحا وافيا لأساسيات التعامل مع برامج الجداول الإلكترونية بصفة عامة مما يساعد المستخدم على الإلمام بأساليب التعامل مع جميع برامج الجداول الإلكترونية . ويوفر البرنامج شرحا لأهم الخصائص الفنية المتقدمة مثل استخدام الماكرو واستخدام خصائص قواعد البيانات واستخدام النوافذ وربط الجداول الإلكترونية واستخدام مكتبات الربط وكذلك استخدام الأنواع المتقدمة من الرسومات مثل الرسومات ثلاثية الأبعاد واستخدام الشاشات المنزقة . كما يوفر الكتاب شرحا تفصيليا لطريقة حل مسائل البرمجة الخطية عن طريق الجداول الإلكترونية مع توضيح ذلك بمثال عملي واضح . كما يشرح الكتاب تطبيقا شاملا على الجداول الإلكترونية وهو بعنوان "إدارة التدفق النقدي" وذلك في أكثر من ٢٥٠ صفحة متضمنة عددا كبيرا من الرسوم التوضيحية والمخططات . وهذا التطبيق يساعد مدير العمل على متابعة التدفق النقدي في منشأته والسيطرة عليه . والكتاب في مجمله يزيد عدد صفحاته عن ٦٧٠ صفحة متضمنة مالا يقل عن ٦٠٠ شكل توضيحي .

## ٥ الحاسب الإلكتروني وقواعد البيانات (الجزء الأول)

يعتبر هذا الكتاب من أهم الكتب التي تتناول قواعد البيانات بصفة عامة وبرامج عائلة (DBase) بصفة خاصة وهي البرامج :

DBASEIII+ - DBASEIV - FOXBASE+ - FOXPRO

والكتاب يوضح مفهوم قواعد البيانات ومفهوم إدارة قواعد البيانات . كما يشرح الكتاب بالتفصيل أهم الجوانب الفنية المرتبطة ببرامج عائلة (DBase) متضمنة قواعد إنشاء هيكل الملف (DBase Structure) وقواعد تصميم شاشة الإدخال وعرض السجلات على الشاشة وتصحيحها وقواعد تنظيم ملف قاعدة البيانات عن طريق الفرز (Sorting) والفهرسة

(Indexing) وطرق البحث عن السجلات واستخدام ملفات البحث (Query Files) وطباعة التقارير وربط قواعد البيانات . كما يشرح الكتاب استخدام أوامر النقطة (Dot Commands) وقواعد كتابة البرامج الخاصة بقواعد البيانات واستخدام متغيرات الذاكرة (Memory Variables) وملفات الذاكرة (Memory Files) وملفات الخطوات (Procedure Files) والوال المستخدم وطرق التحكم فى شاشة الإدخال وكذلك التحكم فى الطباعة ووسائل تصحيح الأخطاء (Debugging Tools) . ويتكون الكتاب من ستة وعشرين فصلا بالإضافة إلى أربعة ملاحق، كما يحتوى على العديد من الأشكال التوضيحية ويزيد عدد صفحاته عن ٣٨٠ صفحة.

## ٦ الحاسب الإلكتروني وقواعد البيانات (الجزء الثانى)

يعتبر هذا الكتاب جزءا مكمل للجزء الأول ويحتوى على شرح تفصيلى للأوامر والوال المستخدمة فى برامج عائلة (DBase) ويكون مع الجزء الأول المرجع الشامل الذى يعين المستخدم على كتابة البرامج التطبيقية عالية الكفاءة والتى تخدم جميع مجالات نظم المعلومات . ويزيد عدد صفحات الكتاب عن ٢٤٠ صفحة متضمنة العديد من الأشكال التوضيحية .

## ٧ تطبيقات نظم إدارة قواعد البيانات

يعد هذا الكتاب إضافة حقيقية للمكتبة العربية التى تفتقر إلى هذا النوع من الكتب التى تتناول تطبيقات عملية لنظم إدارة قواعد البيانات . ولا يكتفى الكتاب بالشرح الإجمالى لكل نظام والبرامج المكونة له ، ولكنه يقف عند كل سطر فى البرامج ويشرحه شرحا دقيقا موضحا البدائل المختلفة ومميزات وعيوب كل من هذه البدائل . والكتاب يتكون من خمسة أجزاء ، الجزء الأول يحتوى على مراجعة للكتاب الأول "نظم إدارة قواعد البيانات" بجزأيه الأول والثانى . والجزء الثانى من الكتاب يشرح نظم معلومات شئون الطلبة الذى يصلح للاستخدام فى أى

مؤسسة تعليمية لمتابعة بيانات الطلبة والسيطرة الكاملة على إدخال البيانات وعرضها وتصحيحها وطباعة التقارير . والجزء الثالث من الكتاب يشرح نظام المخازن كنموذج لقواعد البيانات التي تتعامل مع ملفات الحركة (Transaction Files) . والجزء الرابع يشرح نظام حسابات العملاء كنموذج للبرامج التي تستخدم ملفات الخطوات (Procedure Files) لتقليل عدد الملفات المفتوحة . والجزء الخامس يشرح بعض الأدوات والوسائل المتقدمة في كتابة البرامج من خلال ثلاثة برامج مختلفة أحدها يستخدم في كتابة الشيكات ، والثاني يتيح للمستخدم إختيار الألوان التي يفضلها في شاشات إدخال البيانات ، والثالث يتيح عرض شاشات إدخال بيانات تحتوي على عمود ضوئي يمكن تحريكه الى الإختيار المطلوب . والجزء السادس يشرح بعض التطبيقات الإضافية ويتضمن أيضا شرح مولد التطبيقات الخاص ببرنامج (DBase III+) والكتاب يزيد عدد صفحاته عن خمسمائة صفحة متضمنة مايزيد عن ١٠٠ شكلا توضيحيا .

## ٨ فيروسات الحاسب وأمن البيانات

يتناول هذا الكتاب قضية أمن البيانات بصفة عامة موضحا الأساليب التكنولوجية المختلفة لتنفيذ ذلك مثل استخدام التشفير وإعادة التشفير واستخدام كلمات السر تبعاً لمستويات السرية المختلفة وارتباط ذلك بنظم التشغيل. ثم يشرح الكتاب موضوع فيروسات الحاسب باعتباره من أهم الموضوعات التي تشغل عقول كثير من المهتمين بمجال الحاسب نظرا لما يمثلته الفيروس من خطورة على أمن البيانات . ويقدم الكتاب دراسة موضوعية دقيقة تتناول التحليل الدقيق للفيروس من حيث تكوينه وخصائصه الفنية بما يتيح للمستخدم التعرف السليم على هذا الموضوع بعيدا عن التخيلات والأوهام . كما يشمل الكتاب أيضا توضيحا لطرق الوقاية والعلاج والأمصال البرمجية المستخدمة ضد أنواع معينة من الفيروسات . ويتضمن الكتاب بعض الملاحق يناقش أحدها أشهر نماذج فيروسات الحاسب مع شرح دقيق لمواصفات أكثر من ١٥٠ فيروس من فيروسات الحاسب .

## ٩ الحاسب ونظم المعلومات الإدارية

يتناول هذا الكتاب أهمية استخدام الحاسب فى نظم المعلومات الإدارية وأهم الموضوعات المرتبطة بتكنولوجيا المعلومات وتطور الحاسبات ونظم التشغيل ولغات الحاسب . كما يوضح أساسيات تحليل وتصميم النظم بدءاً من توصيف المتطلبات وتحليلها ثم تحليل بدائل تصميم النظام وكذلك استخدام أدوات هندسة البرامج (CASE Tools) . كما يتناول أهم تطبيقات الحاسب المالية والمحاسبية مثل نظام السيطرة على المخزون ونظم حسابات العملاء والحسابات العامة والمرتببات وإدارة التدفق النقدى والتسويق والتصنيع . كما يتناول الكتاب استخدام التقنيات الحديثة فى مجالات الأعمال مثل ميكنة المكاتب والاتصالات وأمن البيانات ونظم المعاونة فى اتخاذ القرار والذكاء الاصطناعى . والكتاب يزيد عدد صفحاته عن ٥٥٠ صفحة تتضمن مايزيد عن ٤٠٠ شكل توضيحى .

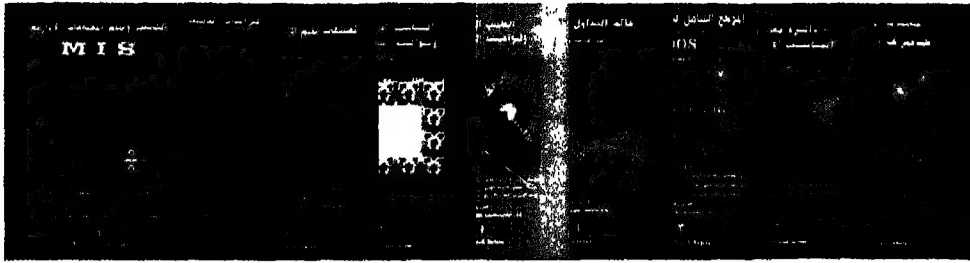
## ١٠ النظم الخبيرة والذكاء الاصطناعى

يتناول هذا الكتاب تقنية من أحدث التقنيات التى ظهرت فى عصر الحاسب ، وهى التقنية الخاصة بالذكاء الاصطناعى مع تناول أحد المجالات التطبيقية الهامة المرتبطة بها بالتفصيل وهى النظم الخبيرة والتى بدأت تنتشر بسرعة كبيرة فى معظم أوجه الحياة العملية . وقد وضع فى الإعتبار أن يجد كل من القارئ المتخصص وغير المتخصص غايته من هذا الكتاب بحيث يتمكن القارئ من التفاعل بسلاسة وسرعة مع تكنولوجيا المستقبل . والكتاب يزيد عدد صفحاته عن ٥٠٠ صفحة متضمنة العديد من الأشكال التوضيحية .





# مجموعة كتب "دلتا"



## هذا الكتاب

١٢ - أمثلة عملية للنظم الخبيرة

### الجزء الخامس

تقنيات نظم الذكاء الاصطناعي

١٣ - فهم اللغات الحاسوبية

١٤ - الرقابة بالحاسب

١٥ - التعرف على الكلام وتكنولوجيا

الإنسان الآلى

### الجزء السادس

الشبكات العصبية

١٦ - نظرة عامة على الشبكات العصبية

١٧ - معمارية الشبكة العصبية الاصطناعية

١٨ - تطوير الشبكات العصبية الاصطناعية

١٩ - التطبيقات العملية للشبكات

العصبية الاصطناعية

٢٠ - الاتجاهات المستقبلية

### الملاحق

ملحق (١) معمارية السبورة

ملحق (٢) قائمة المصطلحات

ملحق (٣) قائمة المراجع

ملحق (٤) مجموعة كتب دلتا

### الجزء الأول

الذكاء الاصطناعي

١ - نظرية عامة

٢ - تمثيل المشاكل ووسائل حلها

### الجزء الثاني

خدمة المعرفة

٣ - اكتساب المعرفة

٤ - تمثيل المعرفة

٥ - الاستدلال والشروح

٦ - عدم المصادقة

### الجزء الثالث

تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي

وأدوات بنائها

٧ - تنفيذ نظم الذكاء الاصطناعي

٨ - لغة ليسيپ (LISP)

٩ - لغة برولوج (PROLOG)

### الجزء الرابع

النظم الخبيرة

١٠ - نظرة عامة على النظم الخبيرة

١١ - بناء النظم الخبيرة